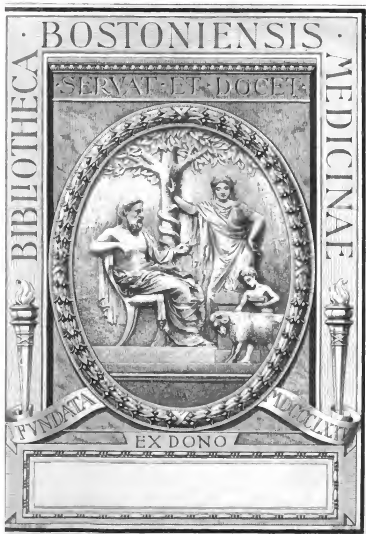


TECHNIK DER CHEMISCHEN UNTERSUCHUNG DES MENSCHLICHEN KOTES

VON DR. FELIX v. OEFELE


BIBLIOTHECA · BOSTONIENSIS · MEDICINAE
SERVAT·ET·DOCET
FVNDATA
MDCCCLXXV
EX DONO

Technik

der

chemischen Untersuchung des menschlichen Kotes

von

Freiherrn Dr. med. Felix von Oefele

in

Bad Neuenahr.

Die Methoden sind fast durchgehends erprobt
durch
Dr. phil. Kaeppel.



Leipzig
Verlag von Johann Ambrosius Barth
1908.



Druck von C. Grumbach in Leipzig.

Gewidmet

Herrn Professor Dr. Albert Robin in Paris,

Professeur à la Faculté, Membre de l'Académie de Médicine.

Geehrtester Herr Professor!

Die chemische Zusammensetzung der Exspirationsluft und des Urin haben Sie, geehrtester Herr Professor, auf breitester Grundlage bei Gesunden und Kranken unter den verschiedensten Bedingungen erforscht. Für die Exkremente des Darmes habe ich einen ersten Versuch in meinen koprologischen Vergleichstabellen, die Herrn **Professor von Poehl** in St. Petersburg gewidmet sind, gemacht. In der Zwischenzeit überzeugte ich mich von der Notwendigkeit, in größerem Umfange die gebräuchliche Technik für chemische Kotuntersuchungen zu sammeln und in einzelnen Teilen praktisch auszugestalten. Dem Bedürfnisse entsprechend, mußte eine Beschränkung auf die notwendigsten Untersuchungen walten, um nicht den Rahmen eines handlichen Taschenbuches zu überschreiten. Dies Büchlein erlaubt sich Ihnen, geehrtester Herr Professor, als Anhang an Ihre erwähnten wertvollen Arbeiten zu widmen

ehrfurchtsvollst

Oefele.

Inhaltsverzeichnis.





Allgemeines.

Für eine brauchbare Untersuchung muß der Kot möglichst unverändert in die Hände des Untersuchers gelangen. Die Hüllen dürfen weder Stoffe des Kotes nach außen gelangen lassen, noch selbst Kot oder seine Stoffe einsaugen; auch muß die Umhüllung den Kot möglichst gegen jeden Druck schützen.

Papier und Pappdeckel als alleinige Kothüllen sind ungeeignet. Am besten eignet sich Glas oder Porzellan als Gefäß und Metall als Deckel; wegen des Preises wird Glas vorgezogen.

Aus Metall sind entsprechende Gefäße meist zu teuer. Außerdem kann schon der Kot von gesunden Menschen, noch mehr von kranken Menschen chemische Wechselbeziehungen mit den Metallen auslösen. Wenn diese Bedenken nicht wären, müßten Gefäße von Metall vorgezogen werden, da bei Metall weniger Bruch zu befürchten ist als bei Glas. Mit dem Deckel kommt der Kot weniger in Berührung und ist darum ein Metalldeckel empfehlenswert.

Gläser mit Metalldeckel schützen den Kot vor Einwirkungen der Luft; Abkömmlinge der Gallfarbstoffe sind aber meist empfindlich gegen die Einwirkungen des Lichtes; darum wird das Gefäß zweckmäßig mit Pergamentpapier ausgelegt, so daß der Kot in einer inneren Hülle von Pergamentpapier und einer äußeren Hülle von Glas mit Metalldeckel verschlossen ist. Für

die Reinigung ist es zweckmäßig, daß die Innenkanten nicht allzu scharf im Winkel aufeinander treffen, sondern daß sie etwas gebrochen sind. Auch der Verschluß zwischen Metall und Glas darf nicht allzu viele und allzu langgezogene Schlupfwinkel für Kotreste darbieten. Bajonettverschlüsse haben sich gut bewährt und sind den anfänglich versuchten Schraubverschlüssen weit vorzuziehen. Die Gefäße, die in meiner Praxis zur Verwendung kamen, sind meist von Peter Herlet, Coblenz, Firmungsstraße 14, bezogen. Für den Versand mittlerer Mengen sind Gefäße von 60 mm Breite und 75 mm Höhe, die 210 ccm fassen, geeignet; je nach den Umständen können auch kleinere oder größere Gefäße in Betracht kommen.

Gefäße aus grauer Emaille, die zwar sehr zweckmäßig, aber wesentlich teurer sind, sah ich im Warenhaus Wertheim. Die Dichtung zwischen Deckel und Gefäß ist durch konische Verjüngung und Einlage eines Gummiringes bewerkstelligt.

Für die Ablieferung am Wohnort sind flachere, niedrigere Gefäße zweckmäßiger, da denselben leichter die entsprechenden Untersuchungsmengen für jede einzelne Untersuchung entnommen werden können.

In diese Gefäße muß der Kot möglichst sofort nach der Entleerung eingebracht und verschlossen und auch möglichst bald zur Untersuchung abgeliefert werden. Doch sind auch Untersuchungen noch nach Tagen und Wochen mit brauchbaren Ergebnissen möglich, wenn der frisch entleerte Kot sofort entsprechend verpackt und verschlossen wird.

Bei Durchmusterung der Kotuntersuchungen in der Literatur ergibt sich, daß der Kot sehr oft lange vor der Verarbeitung, wenn auch in irgend einer Weise konserviert, gelagert wurde. Lührig z. B. hat den getrockneten Kot vor weiterer Verarbeitung mindestens acht bis vierzehn Tage beiseite gestellt. Auch andere

Autoren haben die Untersuchung für geeignete Zeit aufgespart. Das gibt zu manchen Fehlerquellen Veranlassung, da Zersetzungen, Wechselzersetzungen und Verflüchtigungen zu befürchten sind; darum ist es am empfehlenswertesten, stets möglichst frisch entleerten Kot in Arbeit zu nehmen. Vor Beginn der Untersuchung wartet man die Abkühlung von Körperwärme auf Lufttemperatur ab, da in dieser Zeit der unangenehmste Geruch verfliegt.

Die Untersuchung erst nach Tagen oder Wochen ist freilich, wenn der Kot von auswärts zugesandt wird und dazu noch eine Zollabfertigung durchmachen muß, ein unvermeidlicher Übelstand. Praktisch sind solche Koteinsendungen aus Holland, England, Spanien, Österreich und der Türkei an den Verfasser gelangt und waren noch gut brauchbar zur Untersuchung.

In der Literatur finden sich zerstreut eine große Anzahl von Untersuchungsangaben für den Kot. Dieselben haben das Gemeinsame, daß der Kot immer nur nach einer bestimmten Richtung, d. h. auf einen einzigen Bestandteil untersucht wurde. Dadurch wird das verfügbare Material für diese einzelne Untersuchung in einer Weise in Anspruch genommen, daß Material von derselben Entleerung für andere Richtungen der Untersuchung nicht mehr vorhanden bleibt. Wenn für folgende Methodik auch bekannte Verfahren verwendet wurden, und zwar fast durchweg verwendet werden mußten, dann sind dieselben wenigstens in der Art ausgewählt und abgeändert, daß sie sich einem systematischen Analysengang einfügen lassen, und daß mit der verfügbaren Einzelentleerung, die für die nötigen Feststellungen meist knapp bemessen erscheint, auch wirklich eine genügende Reihe von Einzelfeststellungen gewonnen werden kann.

Wenn wir die allgemeine Zusammensetzung des Kotes kennen lernen wollen, so dürfen wir uns nicht

mit vereinzelter chemischer Feststellung begnügen, sondern wir müssen den Kot so weit als möglich in seine einzelnen Bestandteile zerlegen. Durch die qualitative Analyse erfahren wir die Art der Bestandteile, durch die quantitative hingegen deren Menge. Auch wird bei der Untersuchung des Kotes, wie überall in der chemischen Analyse, mit der qualitativen Prüfung begonnen, und erst dieser folgt die quantitative.

Die meisten von jenen Stoffen, auf welche sich in der Praxis die Kotanalyse erstreckt, sind stets vorhanden. Für sie wird also im allgemeinen die qualitative Analyse unterlassen und direkt zur quantitativen Bestimmung übergegangen. Soweit es sich dabei um gemeinsame quantitative Bestimmung homologer Körper, z. B. Fettsäuren, handelt, ist eine entsprechende vorgängige qualitative Analyse schon deshalb kaum ausführbar, weil wir die Anzahl der vertretenen homologen Körper gar nicht kennen; dabei würde eine Untersuchung auf die einzelnen bekannten qualitativen Vertreter vermutlich nur wenig Nutzen gewähren und das Kotmaterial den übrigen nötigeren Untersuchungen entziehen.

Die qualitative Analyse allein kann bei der Kotuntersuchung nur höchst selten genügen, da wir es nicht mit einer einheitlichen bekannten chemischen Verbindung zu tun haben, sondern mit einer Mischung einer unbekannt hohen Zahl verschiedener, meist organischer Verbindungen.

Wenn wir mit analytischen Methoden alle im Kot vorkommenden Elemente, sowie deren entsprechende Verbindungen vollständig umfassen wollten, so müßten sie begreiflicherweise sehr umfangreich sein und wären mit dem Material einer einzigen Kotentleerung überhaupt undurchführbar. Es ist demnach unzweckmäßig, für das praktische Bedürfnis die chemische Unter-

suchung des Kotes von vornherein auf alle möglichen Elemente und deren zahllose Verbindungen ausdehnen zu wollen. Die Erfahrung muß die praktische Begrenzung ergeben. Innerhalb dieser Begrenzung muß aber die Kotanalyse in jedem einzelnen praktischen Falle systematisch durchgeführt werden.

Der Analyse selbst muß ein Protokoll vorausgehen mit den nötigen Feststellungen über die allgemeinen Eigenschaften. Der behandelnde Arzt des betreffenden Kranken und der Analytiker des Kotes sind in der Regel als zwei verschiedene Personen vorauszusetzen.

Vorgängige Feststellungen.

Eine Anzahl vorgängiger Feststellungen mag auf den ersten Blick als Sache das Arztes erscheinen. Es ist aber immer mißlich, wenn zusammengehörige Notizen nicht auch im gleichen Formular vereinigt sind. Zudem erfolgt die zur Untersuchung abgelieferte Entleerung meist nach dem Besuche beim Arzt und kurz vor dem Besuche beim Chemiker. Bevor nicht das Ergebnis der chemischen Untersuchung fertig ist, kommt der Kranke nicht wieder zum Arzt. Beim ersten Besuch wußte der Patient die nötigen Angaben selbst noch nicht, beim zweiten Besuch hat er sie zum Teil schon wieder vergessen. Bei der Ablieferung des frischen Kotes in das Laboratorium hingegen sind die nötigen Angaben noch frisch im Gedächtnis. Darum ist es zweckmäßig, daß der Chemiker alle Notizen über die Kotentleerung aufnimmt und in dasselbe Formular wie die Ergebnisse seiner chemischen Untersuchungen einträgt. Scheinbar wird ja das Publikum, besonders das weibliche, etwas geniert über Verrichtungen Auskunft geben, die hinter verschlossener Türe vorgenommen werden. Man wird jedoch bald erfahren, daß das Publikum möglichst weitgehende Genauigkeit in

Einzelheiten liebt und beispielsweise die Berechnung des Defaecationsintervalles bis auf die Genauigkeit von Viertelstunden scharf nachprüft.

1. Es muß festgestellt werden, ob eine außergewöhnliche Diät vorausging, welche von der gewohnten Durchschnittsdiät des Kranken für die letzten Tage abweichend gewählt war.

2. Ferner muß festgestellt werden, ob in den letzten Tagen solche Medikamente genommen wurden, welche verändernde Wirkungen auf die Beschaffenheit des Kotes ausüben können.

3. Für die Feststellungen des Defaecationsintervalles ist Tag und Stunde der vorletzten Kotentleerung aufzuzeichnen.

4. Ergänzend muß natürlich auch Tag und Stunde der Entleerung des zur Untersuchung vorliegenden Kotes festgestellt werden.

5. Es muß festgestellt werden, ob die gesamte Einzelentleerung an das Laboratorium abgeliefert wurde.

6. Außerdem ist Tag und Stunde des Beginns der chemischen Untersuchung zu notieren.

7. Zur Sicherung gegen unerwünschte Beimischungen und Zersetzungen muß sich der Analytiker überzeugen, daß der Kranke die Entleerung von Kot und Urin genügend getrennt hat. Das Publikum muß schon im voraus auf die Notwendigkeit dieser Trennung aufmerksam gemacht werden.

Physikalische Untersuchung.

Die Konsistenz ergibt sich meist aus der einfachen Betrachtung als ungeformt oder geformt, wobei beide Bestimmungen nochmals geteilt werden müssen, so daß wir a) den flüssigen; b) den breiigen; c) den einfach

strangartig geformten und d) den knollig geformten Kot unterscheiden können.

Die Kohärenz ist ebenfalls ohne besondere Hilfsmittel festzustellen. Mancher Kot klebt an der Unterlage und in sich selbst nahezu leimartig. Besonders dem Mekonium kommt diese Eigenschaft zu. Meist ist aber der Kot eine einfache bildsame Masse. Anderseits kann aber auch so wenig Klebrigkeit in der Kotmasse sein, daß sie krümelig auseinander zu fallen droht.

Die Eigenfarbe des Kotes kann in a) grünliche Farbentöne: grünschwarz, olivgrün bis hellgrün; b) dunkelbraune Töne: schwarzbraun und dunkelbraun; c) mittelbraune Töne: einfach braun und rotbraun; d) hellbraune Töne: hellbraun bis braungelb; e) gelbe Töne: ockergelb bis hellgelb; f) dunkelgraue Töne: grüngrau und braungrau; g) gelbgrau, d. h. nahezu acholisch, h) weißgrau, d. h. acholisch, und i) medikamentöse Färbungen eingeteilt werden. Die medikamentösen Verfärbungen sind mehrfach eigentümlich. Sie können durch Übung und Beachtung der vorgängigen Feststellungen rasch erkannt werden.

Farbe der Oberfläche. Durch Einwirkung von Licht und Sauerstoff der Luft werden manche Farben verändert. Darum muß es auch beachtet werden, wenn die Oberfläche und das Innere des Kotes voneinander abweichen. Als Eigenfarbe des Kotes ist natürlich die Farbe in der Masse zu bezeichnen.

Der Geruch des Kotes kann als a) ranzig, bei deutlichem Vorherrschen von Produkten der Verwandtschaft der Buttersäure; b) säuerlich, bei Vorherrschen noch niedrigerer Fettsäuren; c) einfach faeculent, bei durchschnittlichem Fäulnisgrade; d) süßlich faeculent, bei deutlicherem Fäulnisgeruch und e) aashaft, bei intensiv widerlichem Geruch nach Fäulnis oder Schwefelwasserstoff, unterschieden werden. Unter Umständen sind noch feinere Unterscheidungen der Gerüche

möglich. Es empfiehlt sich aber für die Praxis, in welcher quantitative Bestimmungen vorgenommen werden, nicht subjektive Feststellungen scheinbar allzu minutiös ausführen zu lassen, da diese Genauigkeit doch nur eine scheinbare sein würde.

Das Gewicht der Einzelentleerung kann unter Umständen von Wichtigkeit sein, läßt sich aber nur bei Ablieferung der ganzen Entleerung feststellen. Unter diesen Umständen ist es von Vorteil, die betreffenden Gefäße ein für alle Male zu tarieren und das gefundene Gewicht einzuritzen. Eine Ermittelung, welche die Gramme angibt, ist vollständig genau genug; Bruchteile von Grammen zu notieren erscheint ganz zwecklos. Im allgemeinen würde schon die Angabe in ganzen oder halben Dekagrammen genügen.

Außer dem Gewichte wird von manchen Seiten dem spezifischen Gewichte Interesse entgegengebracht. Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes eignet sich eine indirekte Methode. Eine Kotprobe wird in destilliertes Wasser gebracht; bei sinkendem Kote wird konzentrierte Kochsalzlösung, bei schwimmendem Kote absoluter Alkohol zugesetzt, bis die Kotprobe schwebt. Die Flüssigkeit, in welcher der Kot schwebt, hat das gleiche spezifische Gewicht wie der betreffende Kot selbst und kann auf bekanntem Wege mittelst des Aräometers bestimmt werden.

Für das spezifische Gewicht sind wesentlich zwei verschiedene Befunde zu unterscheiden. Jeder Kot ist mehr oder weniger von feinen Luftbläschen durchsetzt. Die Werte des spezifischen Gewichtes sind nun verschiedene, je nachdem sie mit oder ohne Luftbläschen gelten. Technisch richtig wird das spezifische Gewicht durch die erwähnte Schwebeprobe ermittelt. Man kann es auch durch Verdünnung in Wasser und Wägung im Pyknometer finden. Im ersten Falle sind die kleinen Luftblasen mitbestimmt, in letzterem

nicht. Darum kann ein Kot bei der ersten Probe schwimmen und somit einem spezifischen Gewicht unter 1000 entsprechen und im Pyknometer dennoch ein Gewicht über 1000 ergeben.

Für die Pyknometerbestimmung muß dem Kote soviel destilliertes Wasser zugesetzt werden, daß der Trockensubstanzgehalt der Mischung 10 % oder darunter enthält. Dann muß für eine Einfüllung einer Durchschnittsmischung in das Pyknometer unter Vermeidung von Schlammbildung gesorgt werden.

Das Suchen auf makroskopische Beimengungen setzt sich aus mehreren Teilbeobachtungen zusammen; es sind Auswaschungen auf dem Siebe nach Boas oder Aufschlämmungen mit denaturiertem Spiritus nach Grützner in Tübingen empfohlen worden.

Durch beide Methoden, besonders durch das Auswaschen auf dem Siebe, wird kostbares Material für die eigentliche chemische Untersuchung unwiederbringlich vernichtet. In der Einzelentleerung liegen durchschnittlich aber nur 25 g Trockensubstanz vor. Wir müssen sogar damit rechnen, daß dieselbe in manchen Fällen nur 15 g und noch weniger beträgt. Die Massen sind klebrig schmierig, so daß im Einzelfalle nicht immer eine gleich große, vorausbestimmbare Menge für die Einzeluntersuchung zur Verwendung kommen kann. Während der chemischen Arbeiten mit Menschenkot wird der Chemiker jede direkte Berührung mit dem Untersuchungsmaterial vermeiden, was bei anderen Objekten des Nahrungsmittelchemikers nicht in gleichem Grade der Fall ist. Dadurch erhöht sich auch die Gefahr, daß einzelne Bestimmungen mißglücken und bei der Wiederholung nochmals Material erfordern; es muß darum bis zum Schluß der Untersuchung noch Material vorhanden sein. Zweckmäßig muß auch das Material frisch in Arbeit genommen werden; ein Sammeln mehrerer Defaecationen ist somit

untunlich. Zu verschiedenen Teilen der Analyse verschiedene Entleerungen desselben Kranken zu verwenden, würde die Einheitlichkeit der Untersuchung in Frage stellen. Das Material reicht somit wohl zu einer zweckmäßig abgegrenzten chemischen Untersuchung, aber nicht gleichzeitig zu einer Auswaschung. Das Hauptgewicht ist aber auf die chemische Untersuchung des Kotes zu legen und ich hege die Hoffnung, die Wichtigkeit der chemischen Untersuchung des Kotes gegenüber der althergebrachten Kotschau in der ärztlichen Praxis zur Geltung bringen zu können. Die Auswaschung stellt aber nur eine gewisse Verfeinerung der Kotschau dar. Objektive Zahlenbefunde sind immer subjektiven Schätzungen vorzuziehen. Die Untersuchung nach den Regeln der modernen Chemie erfüllt hier die Bedingungen, welche von der Auswaschung nicht eingehalten werden. Die Häufigkeit positiver Funde von Nahrungsresten wächst bei den Auswaschungen mit der aufgewandten Mühe. Ein objektiver Maßstab für die Funde ist dabei niemals erreichbar.

Bei der Vermutung von Gallensteinen ist der Versuch der Auswaschung der Steine schon in Laienkreisen verbreitet. Für diese Zwecke kann ohne chemische Analyse eine Reihe von Tagen nach dem Kolikanfall ausgewaschen werden. Doch werden diese einfache Arbeit meist der Kranke oder seine Angehörigen selbst besorgen. Das chemische Laboratorium wird dazu kaum je in Anspruch genommen; nur die ausgewaschenen Stücke werden gebracht und einer Kontrolle unterworfen, ob es tatsächlich Gallensteine sind. Wenn die Auswaschung notwendig wird, ist dafür die Vorrichtung von Grützner*) empfehlenswert. Man verteilt in einem zylindrischen Glase mit festen Wandungen mit 400 bis 500 ccm denaturiertem Spiritus vermittelst

*) Deutsche medizinische Wochenschrift, 1903, Nr. 44.

des weittourigen Spiraldrahtschlägers den Kot fein und läßt ihn in Ruhe absitzen. Bei diesen Aufschlämmungen wie auch bei den wässerigen Auswaschungen sind mit entsprechender Sorgfalt immer makroskopische Beimengungen von scheinbar unveränderten Speiseresten in größeren oder kleineren Stücken auffindbar, besonders, wenn Pflanzennahrung genossen wurde.

Da nach meinen Anschauungen bei der systematischen Kotuntersuchung die Auswaschung unterbleiben muß, so muß dafür ohne Materialverbrauch als weniger eingehende Untersuchung die makroskopische Betrachtung Platz greifen. Es ergeben sich dabei häufig für das unbewaffnete Auge unzerkleinerte Speisereste, deren vegetabiler oder animaler Ursprung meist gleichfalls ohne weitere Hilfsmittel erkannt wird. Es sind meist sogar genau die unverdauten Nahrungsmittel durch Betrachtung bestimmbar.

Chemisch deckt sich der Fund reichlicher makroskopischer (oder auch mikroskopischer) scheinbar unveränderter Speisereste häufig nicht mit den Ergebnissen quantitativer Untersuchungen. Ich möchte vor allem den ausführenden Chemiker warnen, sich durch entsprechende makroskopische Befunde zu Kürzungen des vorgenommenen Analysenganges beeinflussen zu lassen. Die resorbierbaren Stoffe können durch die Verdauungsorgane größtenteils extrahiert sein, und die übriggebliebenen Stromastoffe täuschen eine schlechtere Verdauung vor als wirklich besteht.

Glasige Schleimmassen, manchmal gefärbt, manchmal ungefärbt, dann Schleimfetzen, bandartige, röhrenförmige Schleimgerinnsel würden durch Auswaschen auf dem Siebe sicherer und häufiger festzustellen sein, als bei Betrachtung des unverarbeiteten Kotes. Doch sind bei hohem Gehalte auch diese Bestandteile leicht zu sehen.

Dasselbe gilt von den Würmern, besonders Spul- und Bandwürmern, und von Konkrementen.

Für Blutungen aus Hämorrhoiden und Fissuren kommt Verarbeitung nicht in Betracht, da dieselben äußerlich den Kotmassen aufsitzen und mit bloßem Auge gesehen werden. Für den Arzt ist bei Frauen die Gefahr von Verwechslungen mit Menstrualblut vorhanden. Hier durch Befragung zu unterscheiden ist Sache des behandelnden Arztes; der Chemiker notiert nur den tatsächlichen Befund, daß die Oberfläche des Kotes Blutspuren aufweist.

Fettbeimischungen können manchmal auch durch das bloße Auge festgestellt werden. Selten, aber wichtig ist das Auftreten makroskopischer Fetttropfen. Manchmal zeigen sich auch für das unbewaffnete Auge hirsekorngroße Fettdrusen. Wenn der Darm seine Knetarbeit normal verrichtet, fehlen beim höchsten Gehalte an Neutralfetten oder Fettsäuren diese Fetttropfen und Fettdrusen. Auch hier stimmen makroskopische Betrachtung und quantitativer Befund der Analyse häufig nicht überein und müssen darum beide beachtet werden.

Mechanische Trennung.

Der Kot kann zum Teil mechanisch in verschiedene Teile getrennt werden. Zu diesen mechanischen Trennungen gehört schon dies, daß häufig in der Kotstange schief aneinander stoßend durch Färbungsgegensätze der Kot unterschieden werden kann, der verschiedenen Tagen oder Mahlzeiten entspricht. Für die Kotabgrenzung bei Stoffwechselversuchen ist dieser Befund häufig verwertet worden.

Eine andere mechanische Trennung kann beim ungleichmäßig zusammengesetzten Kote erfolgen, wenn feste, scharf begrenzte Knollen in einer wässerigen Flüssigkeit entleert werden. Es ist dies manchmal nach dem Gebrauch von Abführmitteln der Fall. Ge-

sonderte Untersuchung würde hier neue Einblicke für die Physiologie des Abführens und der Verstopfung bringen können.

Bei Dickdarmkatarrh mit Obstipation ist häufig der Kot mit Schleimmassen überzogen, und zwar so, daß beide scharf trennbar vorhanden sind. Auch in diesem Falle ist eine mechanische Trennung und chemische Untersuchung der getrennten Teile möglich. Für die Kotanalyse wird in diesem Falle nur der Kot ohne die mechanisch trennbaren Schleimteile untersucht.

Andere Stoffe können ausgewaschen werden, so daß sie allein zurückbleiben. Als Auswaschflüssigkeit kommt für den Kot fast nur Wasser oder Alkohol in Mischung mit Wasser in Betracht. Für das Zurückbleiben des Auswaschungsrückstandes kann die Größe der Bestandteile und das spezifische Gewicht die Grundlage abgeben oder beides zugleich, da die kleinsten Teile am längsten suspendiert bleiben. Das einfache Auswaschen zum Aufsuchen von Gallensteinen, größeren Speisebrocken, großen Schleimfetzen, Milchbröckeln usw. entspricht der letzteren Arbeit. Eine besondere Vorrichtung ist hierfür der bereits erwähnte Grütznersche Apparat.

Ohne Mithilfe des spezifischen Gewichtes, nur mit Beachtung der Größe der einzelnen Teile, werden Auswaschungen auf dem Siebe vorgenommen. Solcher Siebe sind verschiedene konstruiert, teils nach allen Seiten geschlossen, teils auch nur als Netz zum Einhängen in das Klosett.

Zentrifuge.

Selbst die kleinen Teile Nahrungsreste erhalten wir bei Verwendung der Zentrifuge. Mit Ausnahme der Fette sind fast alle organischen Bestandteile spe-

zifisch schwerer als Wasser, und zwar in verschiedenem Grade schon an sich und je nach der Durchtränkung mit Wasser. Dadurch kann die Zentrifuge zur Trennung auch der kleineren geformten Elemente benutzt werden. Die Mikroorganismen sind allerdings so klein, daß sie nur zum geringsten Teile in der Zentrifuge durch die Schwerkraft innerhalb Wasser niedergerissen werden.

Eine Bestimmung der Menge der Darmbakterien ist mit geringen Fehlerquellen in der Weise quantitativ möglich, daß ein abgewogener Teil des Kotes im Grütznerschen Apparate mit Wasser aufgeschlämmt und durch eine Zentrifuge die Nahrungsmittelreste sedimentiert werden. Dabei bleiben die Bakterien unbeeinflußt von der Zentrifuge gleichmäßig in der Flüssigkeit verteilt. Von den gesamten Kubikzentimetern können nun z. B. die überstehenden $^2/_3$ trübe Flüssigkeit abgegossen und mit konzentriertem Alkohol versetzt werden. Dies wird abermals zentrifugiert; nun entsteht ein Sediment, das alle Bakterien, in diesem Beispiel aus zwei Dritteln der abgewogenen Menge enthält. Durch Trocknung, Wägung und Umrechnung kann der Bakterienanteil an der Kotzusammensetzung festgestellt werden.

Mikroskopische Untersuchung.

Die mikroskopische Untersuchung des Kotes ist von manchen Seiten und in manchen Richtungen sehr weit ausgebaut worden. Aber auch hier können nur einzelne Punkte Beachtung finden, und zwar solche, die sich der ganzen Untersuchung eingliedern und Aussicht geben, die übrigen Analysenbefunde in aufklärender Weise zu ergänzen. Es sind zu beachten: Nahrungsreste und ihre Umwandlungsprodukte, pathologische und physiologische Körperabkömmlinge, Kristalle und Darmparasiten tierischen und pflanzlichen

Charakters. In letzterer Beziehung können Reinkulturen angelegt werden. Die Methoden sind von der Bakteriologie in das feinste ausgebaut und häufig auf Kotuntersuchungen angewendet worden. Ich erinnere hier nur an Cholera und Typhus. Aber gerade diese Züchtungen verschieben die chemische Zusammensetzung und fallen damit völlig aus dem Rahmen der chemischen Untersuchung des Kotes. Für den praktischen Gebrauch genügen, wie auch Selter*) sagt, einfache Präparate, die wir uns mitten aus den Kotmassen an verschiedenen Stellen oder bei makroskopisch differenzierbarem Kote aus den einzelnen Bestandteilen entnehmen. Man kann sich dazu einer einfachen Häkelnadel bedienen; schleift man den Haken ab, so dient er wie die Zupfnadel. Besondere Kotentnehmer, wie sonstwo angekündigt worden,**) sind, wie auch Selter betont, unnötig und zu kostspielig. Wichtig aber ist, daß allen Kotmassen etwas entnommen wird. Der sonstige mikroskopische Apparat ist der übliche. Zweckmäßig würde es zu Vergleichen mit späteren Befunden sein, ein charakteristisches Gesichtsfeld des Kotes in Mikrophotogrammen aufnehmen zu lassen. Besonders für den Säuglingskot, für den die quantitative Analyse bis zu einem gewissen Grade umgangen werden kann, wären solche Photogramme und die Publikation einer charakteristischen Auswahl sehr wünschenswert. Jedenfalls wären sie schematisierten lithographischen Reproduktionen vorzuziehen.

Vielfach sind unter dem Mikroskope anorganische ausgeschiedene Massen zu erkennen oder auch Stoffe, die an der Grenze des Organischen und Anorganischen stehen. Vor allem müssen hier anorganische Kristalle genannt werden, deren häufigste ausgebildete Tripelphosphate sind. Leicht erkennbar sind auch die

*) Faecesuntersuchungen, Stuttgart, 1904, S. 24.

**) Deutsche medizinische Wochenschrift, 1902, S. 362.

charakteristisch ausgebildeten Kristalle von oxalsaurem Kalk. Aber schon diese beiden Stoffe, besonders der erstere, kommen in schwer kenntlichen unregelmäßigen Trümmerformen und Haufen solcher Trümmer vor. In diesem Falle sind sie natürlich nicht mit Bestimmtheit erkennbar. Andere Stoffe, besonders Verbindungen von Magnesia und Kalk, sind fast immer ohne feste Kristallformen vorhanden, aber doch noch erkennbar. Bei Wismuteinnahme erscheinen die charakteristischen Kristalle von Wismutoxydul. Eine ganze Reihe organischer Stoffe erscheint ebenfalls in Kristallform. Es seien erwähnt: Fettnadeln, Gerhardsche Kristalle, Charkotsche Kristalle, Haeminkristalle, fettsaure Erden, Cholesterintafeln und andere.

Gegenüber diesen anorganischen Stoffen sind als anderes Extrem fremde Organismen zu erwähnen. Hieher gehören Amoeben, Wurmeier und ähnliches. Besonders sind immer große Mengen Bakterien bei entsprechender Vergrößerung zu sehen, da sie bis mehr als ein Drittel der ganzen Masse ausmachen können.

Abkömmlinge der untersuchten Person selbst sind: Schleimfäden, Epithelien, Blutkörperchen und Eiterzellen.

Die bisher erwähnten mikroskopischen Befunde werden an Wichtigkeit von dem Nachweise und Gehalte an strukturierten Nahrungsresten aus der Gruppe der Proteine, Kohlehydrate und Fette übertroffen, besonders da, wo entsprechende gewichtsanalytische Methoden nicht existieren oder zu umständlich erscheinen.

Die Muskelfasern als Verschleuderung aus der Fleischnahrung stehen hier an Wichtigkeit in erster Linie, da dafür keine brauchbare chemische quantitative Methode bekannt ist. Bei den Muskelfasern müssen wir zwischen dem kolloiden Inhalt des Muskelfaserrohres und den Gerüsten derselben, welche wir

unter dem Mikroskope sehen, scharf trennen. Für den Inhalt gibt Hammarsten die wasserlöslichen Substanzen Myosin, Muskulin, Myoglobulin und Myoalbumin an, während er das Gerüste als Stromasubstanzen bezeichnet. Die mikroskopische Untersuchung befaßt sich nur mit den Stromasubstanzen, welche für das Auge sehr massig erscheinen, für die Wage aber nur einen sehr kleinen Bruchteil der Muskelsubstanzen darstellen. Die Muskelfasern, d. h. ihre Gerüste, sind bei einiger Übung unter dem Mikroskope rasch kenntlich. Im allgemeinen ist aber ihre Struktur dadurch, daß sie von den Verdauungssäften ausgelaugt wurde, etwas abgeblaßt, während die trübe Umgebung lichtschwach erscheint. Die Empfehlung der Milchsäure findet sich in der Literatur zur Aufhellung der mikroskopischen Präparate. Wer häufig untersucht, findet auch ohne dies Muskelfasern. Für vereinzelte Untersuchungen empfiehlt sich Einwirkung eines Tropfens einprozentiger Hyperosmiumsäure und $1^{0}/_{00}$ KOH in Wasser auf das mikroskopische Präparat, wodurch alle tierischen Gewebe in ihrer Zeichnung dunkler und damit schärfer hervortreten. Bei häufigerer Anwendung aber wird die Hyperosmiumsäure den Augen unangenehm.

Fetttröpfchen, Fettdrusen und *Fettsäurenadeln* finden sich unter dem Mikroskope manchmal bei hochgradiger Steatorrhoe. Das Fehlen dieses mikroskopischen Befundes ist aber kein Beweis gegen das Vorhandensein einer hochgradigen Steatorrhoe. Im allgemeinen scheinen die Fettsäurenadeln bei hepatischer Steatorrhoe, die Fetttröpfchen aber bei pankreatischer vorzukommen. Auch hier steht die Häufigkeit der Nachweise mit der aufgewendeten Mühe des Suchers ungefähr im gleichen Verhältnisse.

Die Mikroreaktionen können erst später besprochen werden.

Qualitative Untersuchung.

Bei der starken Eigenfarbe des Kotes und bei der Zusammensetzung aus kleinsten ungleichartigen Teilen ist die qualitative Feststellung an einer genuinen Kotprobe häufig sehr mißlich und der Farbenumschlag schwer beobachtbar.

Zum Zwecke von Stoffwechseluntersuchungen hat sich als Gebrauch herausgebildet, den Kot zu trocknen und erst nach Verlauf einiger Zeit zu untersuchen. Auch Ury*) sagt, daß bei der Benützung von getrocknetem Kote bei den meisten chemischen Untersuchungen Verluste und Fehler herbeigeführt würden. Für die qualitativen Feststellungen muß dies nur ausnahmsweise beachtet werden. Da ich aber niemals qualitative Bestimmungen ohne quantitative Feststellungen ausführen lasse, so kann schon hier darauf hingewiesen werden.

Die Auszüge und Aufschwemmungen, die für quantitative Untersuchungen hergestellt werden, können auch für eine Anzahl qualitativer Feststellungen benützt werden. Besonders ist dies der Fall, wo von den angefertigten Auszügen ein größerer abgemessener Teil des Auszuges zur quantitativen Feststellung verwendet und durch Umrechnungen für das schließliche Resultat berücksichtigt werden kann. Am Rest der Auszüge können die betreffenden qualitativen Prüfungen vorgenommen werden. Für die Auszüge kommen kaltes und heißes Wasser, kalter und heißer Alkohol, Äther, Säurewasser, Laugenwasser und andere Flüssigkeiten in Betracht.

Von den erwähnten Auszugsmitteln wird zweckmäßig das Wasser soviel als möglich eingeschränkt.

---

*) Archiv für Verdauungskrankheiten, 1903, S. 226.

Professor Thoms*) sagt, daß es nicht jedermanns Sache sei, sich mit Kotuntersuchungen zu beschäftigen, und daß es zweifellos angenehmere und appetitlichere Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie gäbe. Jedenfalls ist es aber zwecklos, sich die Arbeit unappetitlicher als nötig zu machen; auch auf die Räume des Laboratoriums und die Nachbarhäuser darf der üble Geruch des Kotes nicht übertragen und noch weniger dieselben damit haftend imprägniert werden. Im ersten Jahre, als ich Kotuntersuchungen vornehmen ließ und viele wässerige Auskochungen vorgenommen wurden, waren die Klagen darüber groß; in den letzten Jahren hingegen, da keine Dekokte mehr angefertigt wurden, sind die Klagen völlig verstummt.

Die Reaktion wird meist qualitativ am frischen Kote mit Lakmus geprüft. Für eingehende Arbeiten kann auch die Reaktion quantitativ gemessen werden. Auch Selter*) weist noch auf die Verschiedenheit des Verhaltens verschiedener Indikatoren hin; er betont auch, daß bei Kinderkot nicht selten einige Partien bei nicht gleichmäßigen, zerhackten Koten verschieden reagieren. Dann muß die Reaktion der einzelnen Teile geprüft werden. Für gewöhnlich soll man immer aus der Mitte des frischen Kotes die Probe nehmen. Selter entnimmt die Probe mit einer Häkelnadel und streicht über das blaue und rote Lakmuspapier. Dies wird nun unmittelbar und einige Minuten später betrachtet. Die Kotmassen enthalten immer freie Fettsäuren, so daß man danach die Reaktion theoretisch als sauer zu bezeichnen versucht sein kann. Wenn wir aber als Indikator angefeuchtetes Lakmuspapier benützen, so reagiert auf dieses nur der wasserlösliche Teil des

*) Bericht der deutschen pharmaz. Gesellschaft, 1904, S. 183.

**) Verwertung der Faecesuntersuchung S. 32.

Kotes und ergibt dann bald saure, bald neutrale und in den meisten Fällen alkalische Reaktion infolge des Ammoniakgehaltes. Bei Durchschnittskot ergibt sich stets der scheinbare Widerspruch zwischen dem Gehalte an freien Fettsäuren und der alkalischen Reaktion auf Lakmuspapier auch im Innern der Kotmassen. Durch das Vorhandensein saurer phosphorsaurer Salze werden die Verhältnisse noch verwickelter. Eine theoretische Korrektur darf nicht vorgenommen werden; die Lakmusreaktion muß notiert werden, wie sie gefunden wird.

Auf Phenolphthalein tritt so gut wie niemals eine positive alkalische Reaktion ein, was auf Rechnung der nur teilweise gesättigten Phosphorsäure zu setzen ist. Umgekehrt tritt auch auf Methylorange so gut wie nie eine positive saure Reaktion ein.

Ätherauszug und Alkoholauskochung reagieren auf Phenolphthalein immer sauer.

Hydrobilirubin ist das wichtigste Reduktionsprodukt, das im Kot aus den Gallenfarbstoffen erweislich ist. Von den verschiedenen Möglichkeiten des Hydrobilirubinnachweises ließ ich die Sublimatreaktion verwenden. Dieselbe ist von Ad. Schmidt*) angegeben und von R. Schorlemer**) für die klinische Diagnostik nutzbar gemacht. In der ursprünglichen Ausführung erfordert dieselbe 24 Stunden Zeit; zur Erzielung eines sofortigen Eintrittes oder doch wenigstens lange vor Ablauf der ersten halben Stunde habe ich die Sublimatkonzentration wesentlich erhöhen lassen, und zwar auf eine 12prozentige wässerige Lösung, was durch Zusatz von 4% Kochsalz ermöglicht wird. Bei Anwesenheit von Hydrobilirubin tritt Rosafärbung ein; bei Aufgießen einiger Tropfen obiger Lösung auf eine Probe

*) Verhandlungen des Kongresses für innere Medizin, 1899, Bd. XIII, S. 320.

**) Archiv für Verdauungskrankheiten, Bd. VI, Heft 3.

ursprünglichen Kotes fließt dieselbe bei Anwesenheit von Hydrobilirubin nach einigen Minuten ab, als ob eine Eosinbeimengung vorläge, die nach ihrer Stärke ungefähr abgeschätzt werden kann.

Kobert*) bemängelt die Anwendung der Sublimatmethode und empfiehlt die Anwendung der hocheleganten Zinkmethode, namentlich für solche Fälle, wo die Sublimatmethode versagt hat. Bei der Sublimatmethode wird die Anfertigung eines Auszugs vermieden. Für die Zinkmethode sind aber Auszüge nötig. Mit einer Mischung von Alkohol und Äther wird angeblich der Kot entfärbt; darin sollen alle Gallenfarbstoffabkömmlinge enthalten sein.

Neben dem Hydrobilirubin enthält der Kot häufig und reichlich Leukoprobilin, wahrscheinlich als noch weitergehende Hydrierung. Nach Ury kann diese Modifikation durch Säure haltenden Alkohol in Hydrobilirubin zurückverwandelt und quantitativ gewonnen werden.

Biliverdin als hauptsächlichster Vertreter der nativen Gallenfarbstoffe und als relativ höher oxydiert als Bilirubin und Hydrobilirubin, kommt im Kot des erwachsenen Menschen nur in pathologischen Fällen vor. Fast nur bei Kot, bei welchem die Darmpilze keine Zeit zur Reduktion in Hydrobilirubin hatten, also fast nur bei flüssigem Kot, kann Verdacht auf Anwesenheit von Biliverdin bestehen. Die Prüfung auf Biliverdin beruht auch für den Kot auf der Gmelinschen Probe. Folgende Abänderung hat jedoch den Vorzug der Einfachheit: Es wird ein Teil des Kotes, wenn nötig, mit Wasser verrieben und auf ein Filter gegossen. Nach dem Abtropfen der Flüssigkeit wird das Filter gewendet und auf der feuchten Rückseite mit einem

*) Die medizinische Woche, 1904, Nr. 18.

Tropfen rauchender Salpetersäure die Reaktion in bekannter Weise durch Ringbildung versucht.

Diese Untersuchung auf gelöstes Biliverdin kommt nur bei fieberhaften Kranken in Frage. Der Kot chronischer Kranker hat in meinen Untersuchungen niemals gelöstes Biliverdin ergeben. Aussicht auf dieseu positiven Biliverdinnachweis kann also nur bei Diarrhoen fiebernder Kranker gegeben sein, und auch dort darf nur das deutliche Auftreten des grünen Ringes als beweisend angesehen werden. Sollten geformte Elemente des Kotes mit Biliverdin inhibiert sein, so ist dies nur durch mikrochemische Reaktionen erweislich.

Es wurde hier schon die Reaktion durch das Filter hindurch verwendet. Daß ich für Kotuntersuchungen im allgemeinen quantitative Nachweise fordere, ist stets betont; doch wird die systematische Analyse stets auch eine Reihe qualitativer Nachweise enthalten müssen. Im Urin als Flüssigkeit lassen sich qualitative Untersuchungen leicht anstellen; beim Kot hingegen macht sich das schwieriger. Um Flüssigkeit zu erhalten, sind erst umständliche wässerige, alkoholische oder sonstige Auszüge herzustellen. Die entsprechenden Unannehmlichkeiten sind aber meist unnötig; denn was deutliche Farbenreaktionen sind, erfolgen auch durch das Filtrierpapier hindurch, wobei auf der Rückseite des Filters die Eigenfarbe des Kotes nur in geringem Grade stört. Bei geeigneter Vornahme der Reaktion belästigt weder übler Geruch noch Beschmutzung. Die Vorzüge sind: völlig appetitliches Arbeiten, kein unnötig übler Geruch durch Abkochungen und Fehlen der Verdeckung von Farbenreaktionen durch die Eigenfarbe des Kotes, welch letztere durch das Filtrierpapier hindurch nur in Spuren zur Geltung kommt. Da meist mit konzentrierten Reagensflüssigkeiten gearbeitet werden kann, so treten die empfindlicheren Farbenreaktionen scharf auf und werden in ihrer Farbenwirkung häufig in den weißen Fasern des

Filtrierpapiers noch gehoben. Zu dieser Methode schneidet man sich Stücke Filtrierpapier von 4 cm Breite und 6 cm Länge und faltet dieselben nach Art von Briefbogen einmal zusammen. Bei der Vornahme einer größeren Reihe von Untersuchungen können diese Doppelblättchen am Rande der Außenseite mit Zahlen oder Namen kenntlich gemacht werden. Nun gibt man mit einem Glasstab ein bohnengroßes Stück des zu untersuchenden Kotes möglichst nahe an die Faltestelle in die Mitte des Papieres und drückt die Probe von beiden Seiten etwas breit; eine Beschmutzung der Finger ist dabei ausgeschlossen. An den Stellen, an welchen die Kotprobe liegt, kann das Papier mit 1—2 Tropfen entsprechender Reagensflüssigkeit befeuchtet werden, so daß das Filtrierpapier an der Kotprobe bis auf den Kot durchfeuchtet erscheint und auch ein nasser Umkreis über die Probe hinaus gebildet wird. Teils über der Kotprobe, teils in deren Umkreis kann Eintritt und Ausbleiben der gewünschten Farbenreaktion beobachtet werden.

Gallenfarbstoffe und ihre Abkömmlinge ergeben die Reaktionen im ausfließenden Umkreise, den ich „Hof“ nennen will. Wenn Hydrobilirubin vorhanden ist, tritt bei Aufgießen der 12prozentigen Sublimatlösung nach wenigen Minuten ein orangerot gefärbter Strahlenkranz auf. Wenn Biliverdin anwesend ist, so tritt, wie schon vorher besprochen, die Gmelinsche Probe durch das Filtrierpapier hindurch ein.

Die Prüfung auf alkalische und saure Reaktion kann in dieser Weise ausgeführt werden.

Vor allem läßt sich so die entfärbende Kraft des Kotes auf Jodlösung prüfen. Wenn man auf das Filtrierpapier verdünnte, wässerige Jodlösung auftropft, so bräunt sich im ersten Augenblick bei normalem Kote das Papier, um dann blau zu werden. Nach wenigen Minuten entfärbt sich aber diese blaue Färbung über

der Kotprobe. Diese Reaktion trat auch bei Kot ein, welcher auf Lakmus sauer reagierte. Die Schnelligkeit des Eintrittes wechselt bei verschiedenen Kotproben.

Als ungefähre Probe auf den Gehalt an Ammoniak habe ich dies verwendet. Kobert erklärt, daß diese Methode seine Kritik herausfordere und daß eine zweite Methode für Ammoniak zu Hilfe genommen werden müsse. Meine Reaktionsflüssigkeit ist eine verdünnte Lösung von Jod mit Jodkalium, Jodnatrium und Jodammoniak in Wasser. Die Entfärbung tritt so gut wie immer ein. Diese Probe hat darum fast nur Wert, daß sie mit einigen anderen Eigenschaften zusammen als Beweis dienen kann, daß das vorliegende Untersuchungsobjekt tatsächlich Kot ist. Denn nur Kot und andere faulende Massen enthalten Ammoniak. Jede zweite weitere Probe für diesen relativ nebensächlichen Befund überladet die Kotuntersuchung.

Seit Boas*) mit der Blutprobe auf okkulte Magengeschwüre sucht, ist die qualitative Untersuchung auf Blutfarbstoff stark verbreitet. Es wird entweder mit Aloin oder Guajaktinktur oder Benzidin untersucht. In manchen Laboratorien wird diese Untersuchung für sich allein schon als Kotanalyse angesehen. Diese Untersuchung hat aber überhaupt nur teilweisen Wert, wenn der Kranke drei Tage vorher auf fleischfreie Kost gesetzt wurde. Dies ist manchmal ein sehr unangenehmer Eingriff in die diätetische Behandlung. Außerdem gibt diese Probe nicht den mindesten Anhalt für den Ort der Blutung.

Zur Blutprobe mit Guajak kann mit Wasser und Kochsalz ausgekocht und in der entfärbten Auskochung weiter geprüft werden.

---

*) Deutsche medizinische Wochenschrift, 1902, Nr. 20 und 1903, Nr. 47, sowie Archiv für Verdauungskrankheiten, 1902, Heft 1.

Oder es wird der Kot mit Alkohol und Äther erst entfärbt und dann der zurückgebliebene Kot mit Eisessig behandelt. Mit einer Mischung, die aus Guajaktinktur und Terpentinöl zu gleichen Teilen besteht, wird die Reaktion ausgeführt, die durch Blaufärbung Blut erkennen läßt. Wenn nicht alle Gallenfarbstoffe entfernt sind, tritt Grünfärbung ein. Diese Reaktion ist nicht sehr empfindlich.

Für den Nachweis durch Benzidin wird Kot mit Wasser gemischt erwärmt. Davon werden 2 bis 3 ccm mit ebensoviel Wasserstoffsuperoxyd gemischt und zu der Mischung 10—12 Tropfen einer Benzidinlösung gegeben. Je nach der Menge vorhandenen Blutfarbstoffes tritt nach 5 bis 10 Minuten blaugrüne Färbung ein. Eine spätere Verfärbung beweist nichts. Die zugehörige Benzidinlösung wird hergestellt, indem 2 ccm Eisessig mit einer Messerspitze Benzidin verschüttelt werden. Benzidin bleibt dabei überschüssig ungelöst. Die Lösung wird verwendet. Diese Reaktion ist sehr scharf.

Eine Probe für den Blutnachweis im Kot ist auch „Wiener Klinische Wochenschrift“, 1904, Seite 606 enthalten.

Mikroreaktionen.

Chemische Reaktionen unter dem Mikroskope können nur qualitativ, niemals quantitativ ausgeführt werden. Aber doch werden gerade jene Reaktionen, welche am wichtigsten erscheinen, zweckmäßig zu Mengenschätzungen herangezogen. Mikroreaktionen werden vor allem auf Stärke, Zellulose und Fett ausgeführt. Für diese Untersuchungen muß meist vorher das Präparat aufgehellt werden. In der Nahrungsmittelchemie hat sich in letzter Zeit besonders die Aufhellung mit Chloralhydratlösung eingebürgert; sie muß auch für die Koprologie geprüft werden. Vorläufig ist noch die

ältere Aufhellung mit Milchsäure oder Essigsäure gebräuchlicher.

Für den Nachweis der Stärke sind entsprechende Vorbereitungen unbedingt nötig. Manchmal ist die Stärke durch Zellulosehüllen so stark isoliert, daß dieselbe für direkten Jodzusatz unerreichbar ist. Es könnte dann bei ungenügender Übung in der Untersuchungstechnik trotz Anwesenheit reichlicher Stärke Stärkefreiheit vorgetäuscht werden. Es muß, wie in der botanischen Mikroskopie üblich ist, die mikroskopische Kotprobe erst auf dem Objektträger mit einem Tropfen konzentrierter Kalilauge erhitzt werden. Nach dieser Erwärmung wird mit 2 Tropfen Essigsäure saure Reaktion hergestellt. Dies hellt weiter auf und ermöglicht, daß bei Zusatz Lugolscher Jodlösung freies Jod zur Bläuung der Stärkekörner wirksam bleiben kann. Die Stärkekörner werden dann als kleine blaue Flecke im Gesichtsfeld erkenntlich. Infolge der braungelben Eigenfarbe der Grundmasse des Kotes erscheint die Stärke durch Jod nicht sowohl als dunkelviolettblau, als vielmehr fast als schwarz. Die Jodtinktur darf nicht zu konzentriert sein. Es empfiehlt sich, an Stelle der einfacheren Lugolschen Lösung ein Gemisch von gleichen Teilen freien Jods, Jodnatrium, Jodkalium und Jodammonium in einprozentiger wässeriger Lösung anzuwenden. Nach den erwähnten Vorbereitungen und dem Jodzusatze müssen noch mindestens 10 Minuten bis zu der Besichtigung unter dem Mikroskope vergehen. Anfänglich kann durch die Ammoniakverbindungen des Kotes ungenügender Jodzusatz entfärbt werden. Auch Zellulose und zugehörige Stoffe müssen, trotzdem wieder Simon*) die quantitative Methode empfohlen hat, für die Analysen der Praxis qualitativ geschätzt werden. Theoretisch muß Zellulose im Kot mit Hilfe

*) Wiener klinische Wochenschrift, 1904, S. 638.

des stets anwesenden Indol erweisbar sein. Indol ist ein Reagens auf verholzte Zellorgane bei Zusatz von Schwefelsäure, welches schon in schwacher Lösung reagiert. Als Gegenprobe kann der Holzfaden eines Zündholzes verwendet werden. Dieser Holzfaden wird einige Zeit in den betreffenden Kot gesteckt. Dann wird auf den Kot und den herausgenommenen kotgetränkten Holzfaden Schwefelsäure von D = 1,3 getropft; nach kurzer Zeit muß Rotfärbung der verholzten Zellmembranen eintreten. Eine andere Untersuchung kann mit Hilfe der Phloroglucinprobe ausgeführt werden. Es kann und soll damit nur die verholzte Zellulose erkannt werden, welche nach Kobert wahrscheinlich quantitativ mit der Zellulose der Nahrung übereinstimmt. Es werden 2 g Phloroglucin in 25 ccm Weingeist gelöst und 5 ccm Salzsäure zugefügt. Bei Befeuchtung mit dieser Flüssigkeit werden verholzte Gewebe sofort fuchsinrot. Die Lösung hält sich nicht auf die Dauer.

Fett kann theoretisch durch Hyperosmiumsäure erwiesen werden. Doch ist diese mikrochemische Reaktion weder sehr verbreitet, noch sehr empfehlenswert. Eine gebräuchlichere Untersuchung ist die, daß man unter Zusatz von Essigsäure erhitzt und dadurch feinst verteilte oder chemisch gebundene Fette zum Zusammenfluß in Fettlachen bringt.

Quantitative Hauptanalyse.

Die quantitative Untersuchung ist die einzige Grundlage, um zu einer richtigen Beurteilung des Kotes zu gelangen. Dazu ist nötig, daß die einzelne Untersuchung in einem festen Analysengange durchgeführt wird, der überall, wo Abweichungen möglich sind, durch Vereinbarungen festgelegt wird. Wenn aber auch in den Hauptzügen eine solche Vereinbarung erfolgt, so werden

je nach den Befunden oder den Zwecken der Untersuchung wechselnde Ergänzungsbestimmungen notwendig. Der Grundstock der Untersuchung wird immer wieder auf Wasser, resp. Trockensubstanz, Mineralbestandteile, Ätherauszug, sowie Stickstoffsubstanzen zurückgehen. Da aber keine dieser vier Gruppen und auch nicht die fünfte Differenzgruppe als sogenannte Kohlehydrate scharf begrenzt ist, so ergeben sich Nebenbestimmungen in endloser Zahl. Daraus muß ausgewählt und ein brauchbarer Analysengang darauf aufgebaut werden. In Ausnahmefällen wird es schwer, selbst den kürzesten Analysengang durchzuführen, da z. B. bei zwei Säuglingsanalysen die Trockensubstanz der Einzelentleerung das eine Mal nur 1,2 g und das andere Mal 2,5 g betrug. Mitunter kommen noch kleinere Mengen vor. Vor Aufstellung eines solchen Analysenganges müssen alle Einzeluntersuchungen, welche diesen Analysengang zusammensetzen oder ergänzend in denselben eintreten können, besprochen werden.

Zum Teil erweist sich der Kot aus ungleichartigen mechanisch trennbaren Teilen zusammengesetzt. Schon diese Teile können getrennt und nach Menge bestimmt werden; abgetrennt und für sich gewogen kann äußerlich anhaftender Schleim werden, außerdem Gallen- und Kotsteine. Aber auch diese Beimengungen stellen für sich kleine Mengen dar, welche keinen weitgehenden Analysengang erlauben.

Weniger scharf ist die Bestimmung, wenn makroskopische Nahrungsreste ausgewaschen und gewogen werden, da nirgends eine scharfe Grenze für den Übergang zu mikroskopischen Resten gezogen werden kann. Noch leichter sind auswaschbare, zusammenhängende Schleimgebilde als bestimmter Anteil gewinnbar und nach der Wägung berechenbar. Einige kleinere Reste können aufgeschwemmt und durch Zentrifuge getrennt werden, vor allem die Muskelfaserreste. Denn beim

Zentrifugieren erfolgt der Niederschlag in ziemlich scharf getrennten Schichten, die auch schon vom Auge in ihrer Breite geschätzt werden können. Eine besondere Bedeutung gewinnt die Zentrifuge für die Feststellung der Menge der mikroskopischen Pilze.

Im übrigen wird die quantitative Untersuchung des Kotes nach den Regeln der Nahrungsmittelchemie vorgenommen. Die Berechnungen werden auf zwei Dezimalstellen ausgeführt und diese Zahlen angegeben. Abrundungen der Zahlen zur Angabe in der Befundausfertigung sind nicht zulässig. Auch zur Berechnung der Koeffizienten sind genaue Zahlen notwendig, da Abrundungen für solche Umrechnungen sich stark wachsend als Fehler geltend machen können.

Elementaranalyse und Gruppenanalyse.

Wie bei anderen Stoffen kann auch vom Kot eine Elementaranalyse zur Bestimmung von Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff vorgenommen werden. Auf Stickstoff und Aschenbestandteile wird an und für sich nach den Regeln der Elementaranalyse untersucht. Wenn wir auch wissen, daß beim Kranken der Prozentgehalt des Kotes an Kohlenstoff und Wasserstoff steigt, so ist bisher doch keine Aussicht vorhanden, daß die Elementaranalyse des Kotes je praktische Bedeutung erlangen kann. Wissenschaftliches Interesse für den allgemeinen Überblick über die Kotzusammensetzung besitzt die Elementaranalyse aber in hohem Grade.

Natürlich ist es für die Elementaranalyse des Kotes das Nächstliegende, vom getrockneten Kot auszugehen. Dabei gehen der Analyse auch alle flüchtigen Stoffe verloren, nicht nur das präformierte Wasser. Aber auch im getrockneten Kote ist noch Kristallwasser enthalten. Zwecks vollen Einblicks müßte eine doppelte

Elementaranalyse mit frischem und getrocknetem Kote vorgenommen werden. Die Grundlage der Elementaranalyse beruht darauf, daß einmal frischer und einmal getrockneter Kot mit Kupferoxyd geglüht und bei Vorblasen und Nachblasen mit Sauerstoff die entweichende Kohlensäure und das Wasser aufgefangen und gewogen werden. Außerdem muß Stickstoff und Asche bestimmt werden, um als Differenz den Sauerstoffanteil feststellen zu können. Dabei darf der im Ammoniak sitzende Wasserstoff nicht vergessen werden; er wird ebenfalls als Wasser erhalten und der Stickstoff frei, wenn man an geeigneter Stelle die Dämpfe über glühende Kupferspähne streichen läßt.

Eine Vereinfachung der Elementaranalyse hat die Verbrennung nach Dennstett gebracht, die auch für die Kotuntersuchung Bedeutung gewinnen kann.

Eine wünschenswerte quantitative Gruppenbestimmung wäre die Feststellung des Reduktionsgrades des Kotes, d. h. des Verbrauches an Permanganat. Dadurch würden mit der Zeit vielleicht auch gewisse Stickstoffverbindungen des Kotes aufgeklärt werden können. Für den Urin*) ist eine ähnliche Untersuchung empfohlen.

Schon dies, sowie die genauen Aziditäts- und Alkalitätsbestimmungen lassen sich nicht mehr im ursprünglichen Kot, sondern erst nach Aufschwemmung mit Wasser vornehmen. Der ursprüngliche Kot kommt fast nur für qualitative Reaktionen in Verwendung.

Arbeiten ohne Flüssigkeiten.

Der Kot ist eine festweiche Masse, die mit Wasser durchtränkt ist. Bei allen quantitativen Arbeiten zeigt es sich, daß das vorhandene Wasser entweder zu viel oder zu wenig ist. Darum muß entweder das vorhandene

*) Pharmazeutische Berichte, 1904, Heft 9, S. 454.

Wasser vor dem Arbeiten entfernt oder vermehrt werden. Selbst für flüssige Auszüge, mit Ausnahme des Alkohols, der selbst das Wasser entzieht, muß der Wassergehalt reguliert werden. Für den Ätherauszug muß darum getrocknet oder mit Wasser bis zu einer dünnflüssigen Masse verdünnt werden.

Die Trocknung des Kotes wird sehr verschieden beurteilt und auch sehr verschieden ausgeführt. Die Kottrocknung wurde schon bei den ersten systematischen Kotuntersuchungen der Münchener physiologischen Schule ausgeführt, welche Stoffwechsel- und Ausnutzungsversuchen dienten. Die Trocknung des Kotes wurde nachher bei fast allen Versuchen, die Kotuntersuchung in die Klinik herüberzunehmen, ebenfalls als vorhandene Methode übernommen. Es macht sich aber der Einwurf geltend, daß einmal durch die Trocknung außer dem Wasser auch andere flüchtige Stoffe verjagt werden, umgekehrt viel Wasser, das wir Kristallwasser nennen können, durch hygroskopische Eigenschaften zurückgehalten wird und dann, daß im Trockenrückstand durch die Trocknung Umlagerungen vorkommen. Verschiedene Forscher, vor allem Biedert, versuchten im Verlaufe ihrer Untersuchungen direkt vom frischen Kote auszugehen. Schon äußerlich macht sich dies geltend, daß dabei natürlich auf ungetrockneten Kot die gefundenen Bestandteile berechnet werden müssen.

Die bestbekannten quantitativen Bestandteile sind die ätherlöslichen Stoffe. Die Trocknung ist für alle quantitativen Bestimmungen von ätherlöslichen Stoffen in den bisherigen Methoden nötig. Den neuen Vorschlag zur Ausschüttlung aus einer Salzaufschwemmung und Rosenfelds Methode können wir vorläufig beiseite lassen. Dagegen dürfte sich der Apparat nach Bremer zur Ausätherung wohl mit der Zeit einbürgern, bei dem mit Wasser verdünnter Kot ausgezogen werden

kann. Für die genaue Bestimmung der im Äther unlöslichen Stoffe ist meist eine vorherige Entfernung der ätherlöslichen Stoffe, also wiederum eine Trocknung, nötig. Es kann sich aber nur entweder um ätherlösliche oder ätherunlösliche Stoffe bei der quantitativen Bestimmung handeln. Die ätherlöslichen Stoffe können quantitativ ausgezogen werden, wenn das Wasser durch Eintrocknung verjagt ist, so daß selbst zur Fettbestimmung für die Milchanalyse die Eintrocknung verlangt wird. Der Anteil an diesen ätherlöslichen Stoffen ist so groß, daß sie im frischen Kot auch alle anderen Stoffe mindestens zum Teil in einem Grade einhüllen, daß letztere von ihren Lösungsmitteln nicht vollständig ausgezogen werden können. Es müssen also zuerst alle ätherlöslichen Stoffe entfernt werden, bevor einer der anderen Stoffe quantitativ gewonnen werden kann. An und für sich erweist sich aber die Kenntnis des Wassergehaltes des Kotes als jene Grundlage, auf welche alle Bestandteile des Kotes in verschiedenen Verhältnissen zur richtigen Beurteilung bezogen werden müssen.

Wir sehen also danach, daß für alle quantitativen Arbeiten vorerst unter allen Umständen die Trocknung erforderlich erscheint, solange wir die ätherlöslichen Stoffe direkt mit Äther ausziehen. Die Trocknung als vorbereitende Handlung für alle weiteren quantitativen Bestimmungen der Kotuntersuchung, nicht aber zur Feststellung der Trockensubstanz als Grundlage der Beurteilung läßt sich nur dann umgehen, wenn wir sie für den Auszug der ätherlöslichen Stoffe zu umgehen vermögen. Letzteres ist möglich, wenn wir dem Auszug mit Äther oder auch mit Chloroform eine Erschöpfung des Kotes mit konzentriertem Äthylalkohol oder noch besser Methylalkohol vorausschicken, wobei auch an dieser Stelle erinnert sei, daß letzterer die meisten einfachen Zuckerarten und Zuckerabkömmlinge

löst, oder wenn der Apparat nach Bremer zur Ausätherung zur Verwendung gelangt.

Bestimmung des Wassergehaltes: Ein trockener Porzellantiegel wird mit ungefähr 25 g grobem, mit Säure gewaschenem und ausgeglühtem Sande beschickt und samt einem zugehörigen Glasstabe in trockenem Zustande gewogen. Dann werden ungefähr 10 g frischen Kotes mittelst dieses Glasstabes von der Kotmasse abgetrennt und innig mit dem Sande verrührt. Von sehr trockenem Kote wird etwas weniger, von feuchtem Kote entsprechend mehr verwendet, da sich die weiteren Untersuchungen mit 2 bis 3 g Trockensubstanz praktisch am besten durchführen lassen. Sehr harter Kot muß vorher in der Reibschale zerrieben werden; ein Befeuchten mit Wasser ist aus mehrfachen Gründen nicht ratsam. Die zerkleinerte Masse wird alsdann mit dem Sande verrührt. Flüssiger Kot wird in entsprechender Menge auf den Sand gegossen und verrührt. Durch abermalige Wägung von Porzellantiegel und Glasstab wird die verwendete Menge frischen Kotes genau festgestellt. Danach wird auf dem Wasserbade oder im Wassertrockenschrank vorgetrocknet, und zwar bei 95—99°. Es kommt wesentlich auf eine innige Vermischung mit dem Sande an, damit Klumpenbildung vermieden und die Trocknung in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich wird. Während der Trocknung muß einige Male neuerdings verrührt werden; zum Schluß muß die Trockentemperatur im Lufttrockenschrank auf 105—110° C erhöht werden. Bei genügender Vermischung muß nach 6 bis höchstens 8 Stunden Gewichtskonstanz eingetreten sein; bei einiger Übung ist dies schon mit 5 Stunden zu erreichen. Für praktische Zwecke genügt darum eine Trocknung von 5 Stunden. Dann wird im Exsikkator abgekühlt und abermals gewogen. Ohne Deckung läßt es sich kaum vermeiden, daß während der Wägung das Gewicht

durch Wasser aus der Luft steigt; deshalb erfolgt die Wägung zweckmäßig unter Deckung mit einer tarierten Uhrschale. Durch entsprechende Subtraktion wird die zurückgebliebene Trockensubstanz berechnet; durch entsprechende weitere Berechnungen erhält man aus der verwendeten Menge frischen Kotes und aus dem Kotrückstand nach der Trocknung die gewünschte Angabe in Prozenten Trockensubstanz. Die Differenz bis 100% wird als Wasser gesetzt, denn bei Anwendung der Hitze verfliegt vor allem das Wasser, aber auch ein weiterer Kotanteil, der die flüchtigen Stoffe umfaßt. Durch geeignete Abkühlung der entweichenden Dämpfe können diese Stoffe in flüssiger Form zurückgewonnen oder in anderer Weise aufgefangen werden.

Für Trocknungen bei höheren Temperaturen könnte das Ölbad vorgeschlagen werden. Dies erwies sich aber deshalb als ungeeignet, weil ein langes Gefäß (etwa Reagenzrohr) eingehängt werden müßte. Daraus ist aber die getrocknete Masse nur mit Mühe und meist nicht quantitativ vollständig herauszubekommen. Es sind Temperaturen bis zu 170° C erwünscht. Um für bestimmte Zwecke mit entsprechend höheren Temperaturen trocknen und auch distillieren zu können, ist ein Trockenapparat nach Viktor Meyer, der als „Tiegeltrockner“ bekannt ist, nötig. Er ist aus starkem Kupfer hartgelötet und mit Kühlröhre zum Trocknen bei konstanter Temperatur versehen, welche von dem Siedepunkte der angewendeten Flüssigkeit abhängt. In den Berichten der pharmazeutischen Gesellschaft, Band 18, Heft 17, findet sich eine Reihe von reinen Substanzen verzeichnet, von welchen 4—8 ccm genügen, und welche eine bestimmte Temperatur ergeben. Durch entsprechende regulierende Quecksilberabschlüsse kann auch für eine gleichbleibende Temperatur im Trockenschranke gesorgt werden.

Kobert*) macht darauf aufmerksam, daß das Ergebnis der Kottrocknung bei 100 und bei 110° C verschieden ausfällt, denn da die verwendete Temperatur verschieden hoch gegriffen werden kann, so werden je nachdem verschiedene Stoffe oder die gleichen Stoffe in verschiedener Vollständigkeit ausgetrieben. Es konnte erwiesen werden, daß ein Teil des Wassers erst bei 150° C in die entweichenden Dämpfe überging. Das Wasser stellt den Hauptteil der Stoffe dar, welche durch Hitze ausgetrieben werden können. Im allgemeinen wird darum also der Verlust bei der Trocknung als Wasser angesehen und auch in den Analysen als solches notiert. Alle anderen flüchtigen Stoffe müssen, wenn sie in Betracht kommen, noch besonders aus dem Distillat oder durch entsprechende besondere Untersuchungen bestimmt werden. Ein Teil der Stoffe kann durch chemische Eingriffe auch zurückgehalten werden, was eine der Möglichkeiten zur Trennung der verschiedenen flüchtigen Stoffe ergibt.

Es ist zweckmäßig, daß spätere Untersuchungen des Kotes nur von Trocknungen bei 105—110° C, wenn nichts Besonderes bemerkt ist, und in anderen Fällen von Trocknungen auf dem Wasserbade, d. h. wenig unter 100° C, oder im Tiegeltrockner bei 170 bis 180° C ausgehen. Unter diesen Voraussetzungen wird es möglich, daß sich Befunde einzelner Forscher mehr als bisher gegenseitig aufeinander beziehen lassen.

Die Trocknung unter gleichzeitigem Zusatz von Sand und Tierkohle ergibt höhere Mengen Trockensubstanz als die Trocknung unter Sandzusatz allein. Die Tierkohle scheint eine Reihe flüchtiger Stoffe zurückzuhalten.

Die übrigen Stoffe, mit Ausnahme des Wassers, sind meist für sich erst über 100° C, und zwar teil-

*) Die medizinische Woche.

weise weit über 100° C. flüchtig und besitzen die Fähigkeit, in die Distillate überzugehen, nur zugleich mit Wasserdämpfen. Zur Distillation dieser Stoffe muß also das verfliegende Wasser wieder ersetzt oder vielmehr von Anfang an in genügender Verdünnung mit distilliertem Wasser gearbeitet werden, oder es muß wiederholt getrocknet werden nach erneuter Anfeuchtung. In das einfache Distillat gehen Ammoniak, Indol, Skatol, Phenole, freie, fette Säuren und einige seltenere Stoffe über. Durch entsprechende Ansäuerung werden das präformierte Ammoniak, durch Übersättigung mit Natriumkarbonat die freien Säuren und durch starke Übersättigung mit Ätzkali die Phenole und Fettsäuren zurückgehalten.

Immer flüchtig bleiben Indol und Skatol, aber auch nur teilweise und auch nur mit Wasserdämpfen; denn ohne Wasserdämpfe sind sie erst bei weit höheren Temperaturen flüchtig.

Je nach kleinen Abänderungen in der Vorbereitung oder Ausführung kann eine verschiedene Abgrenzung der bestimmten Stoffe erzielt werden. Für die klinische Kotuntersuchung — und nur diese kann im Verkehr der öffentlichen Laboratorien mit dem Publikum in Betracht kommen — ist häufig der Gehalt an Fetten erhöht und der Schmelzpunkt der Fette erniedrigt. Schon Blauberg*) weist darauf hin, daß bei höherer Temperatur das Fett des Kotes ausschmilzt und sich als Decke sammelt. Damit wird aber die gründliche Verjagung des Wassers mehr behindert als gefördert. Für vergleichbare Werte ist dann eine einheitliche Methode notwendig. Der Lufttrockenschrank muß zum Schluß der Trocknung verwendet werden; er liefert zwar für die Trocknung von Patientenkot nicht völlig

*) Experimentelle und kritische Studien über Säuglingsfaeces etc. Berlin 1897, S. 102.

genaue Ergebnisse. Vielleicht können auch Einwendungen gegen die Einheitlichkeit der Methode erhoben werden, insofern die Höchsttemperatur nur durch 105° bis 110° C begrenzt und nicht mit einem bestimmten Wärmegrad angegeben werden kann. Der Wassertrockenschrank allein würde viel zu hohe Mengen Wasser im getrockneten Kote zurücklassen. Auch die Benützung des Vakuumtrockenapparates oder die Verbindung des Wassertrockenschrankes mit jenem ist wegen der Unmöglichkeit, damit zu einheitlicher Methode zu gelangen, zu verwerfen.

Der getrocknete Kot dient zum Ausgang vieler anderer Bestimmungen. Die zähe Beschaffenheit des ohne Sandzusatz getrockneten Kotes würde später den Auszugsflüssigkeiten das Eindringen in die inneren Partien erschweren; ebenso würde sie auch nach der Trocknung die entsprechende Zerkleinerung erschweren. Das Trocknen ohne Sandzusatz ist darum für Auszüge mit Äther oder anderen Flüssigkeiten gänzlich zu verwerfen, außer bei der Stickstoffbestimmung. Abgesehen von Unannehmlichkeiten bei der Zerkleinerung und Austrocknung wird zum mindesten die Beendigung der Kotuntersuchung um wesentliche Zeit hinausgeschoben, was die Brauchbarkeit der Kotuntersuchung am Krankenbette beeinträchtigen würde. Manche Untersucher, z. B. Lührig, haben den ganzen Kot ohne Sandzusatz getrocknet und entsprechend weiter verarbeiten können. Das ist aber nicht möglich, wenn weitergehende Untersuchungen vorgenommen werden sollen, mit nur einem Teil des Kotes für die einzelne Untersuchung. Lührig hat den Gesamtkot auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft; die lufttrockene Masse, deren Gewicht vorher ermittelt war, wurde schnell im Porzellanmörser gepulvert und durch ein mit 1 qmm-Maschen versehenes Sieb gegeben. An einem beliebigen Teile von ungefähr 5 g wurde nach vorherigem zweistündigen Trocknen

im Wassertrockenschrank nach 8—14 Tagen der Gehalt an Trockensubstanz bestimmt.

An Stelle des Sandes hat Adolf Meyer*) dem frischen Kote bis nahezu das Doppelte der Trockensubstanz desselben an Holzkohlenpulver zugesetzt und innig vermengt. Auch Kieselguhr kann mit Erfolg versucht werden; dennoch aber dürfte Sand deshalb empfehlenswerter sein, da er die lästige Klumpenbildung besser behindert. Daß durch Änderung der Zusätze, vor allem durch Tierkohle, die Menge der erhaltenen Trockensubstanz eine Verschiebung erfährt, ist schon erwähnt.

Andere Zusätze, wenn nicht besondere Zwecke verfolgt werden, sind ebenfalls zu verwerfen. Der Zusatz von verdünnter Schwefelsäure, den Camerer**) gegen die Verflüchtigung des Ammoniaks empfiehlt, und den manche, z. B. Wiley, noch ausführen, kommt nur einseitig den nachfolgenden Stickstoffbestimmungen zugute, hält aber doch den Stickstoff des Indols und Skatols nicht zurück. Außerdem läßt dieser Zusatz befreite niedere Fettsäuren, welche mit Wasserdämpfen flüchtig sind, in vermehrtem Maße verloren gehen. Auch bleibt die zugesetzte Schwefelsäure mit einer unbekannten Menge Kristallwasser in der Trockensubstanz zurück, so daß es überhaupt nicht mehr möglich ist, eine richtige und bei Kontrollanalysen stimmende Zahl für den Trockensubstanzgehalt zu erhalten. Kleine Mengen Alkohol setzte Poda***) wiederholt dem austrocknenden Kote bei, um den Siedepunkt des verdunstenden Wassers in dieser Mischung zu erniedrigen und den Prozeß abzukürzen. Bei richtiger Vermengung mit Sand ist dieser Zusatz unnötig und kann bei An-

---

*) Landw. Versuchsstation, 1883, Bd. 29, S. 215—232.

**) Zeitschrift für Biologie 20, 1884, S. 355.

***) Zeitschrift für physiolog. Chemie 25, 1898, S. 353.

wesenheit reichlicher freier Fettsäuren die Trocknung sogar erschweren.

Zur Bestimmung des fixen Stickstoffes muß die Trocknung ohne Sandzusatz vorgenommen werden, denn beim Aufschließen mit Schwefelsäure schlägt dieselbe bekanntlich für sich schon sehr. Bei Anwesenheit von Sand ist ein Verspritzen der Masse und sogar häufig Zertrümmerung des Kolbens unvermeidlich. Es wird dazu so verfahren, wie oben als Methode Lührigs beschrieben ist. Im allgemeinen ist es zweckmäßiger den gesamten Stickstoff, d. h. den Stickstoff aus frischem Kot, zu bestimmen.

Auch zur Bestimmung der Asche wird der Kot ohne jeden Zusatz oder auch mit Zusatz von Alkohol oder auch von Salpetersäure getrocknet, da von dieser Probe meist keine zahlenmäßige Bestimmung der Trockensubstanz gewonnen wird.

Distillate.

Wie schon erwähnt, werden bei der Trocknung nicht nur Wasser, sondern auch andere Stoffe verjagt. Man kann darum versuchen, die entweichenden Wasserdämpfe und andere Begleitstoffe durch Abkühlung oder chemische Bindung zurückzugewinnen. Durch Zusätze und besondere Einwirkungen auf die Kotmassen können neuerlich Stoffe flüchtig gemacht werden, die es bei einfacher Trocknung nicht sind. Wo das restlose Auffangen allzu große Schwierigkeiten bereitet, kann sich durch Differenzrechnung ein Resultat ergeben. Dies sind die Grundlagen, um durch Distillate Einblicke in die Kotzusammensetzung zu erhalten.

Der Wassergehalt des Kotes wird im allgemeinen als Differenz nach Bestimmung der Trockensubstanz angegeben. Zur genauen Bestimmung müssen die ent-

weichenden Dämpfe durch Calcium chloratum geleitet werden, welches das Wasser festhält und durch die entsprechende Gewichtszunahme den wahren Wassergehalt angibt, sofern wirklich alles Wasser ausgetrieben wird. Zum Austreiben alles Wassers muß mit erhöhten Temperaturen bis zu 150° C und darüber getrocknet werden. Es ist zweckmäßig, auch für diese Feststellungen die Temperatur von 170—180° C im Tiegeltrockner zu verwenden.

Die häufigste Ausführung von Distillaten bei der Kotuntersuchung betrifft stickstoffhaltige Bestandteile. Schon beim einfachen Trocknen des Kotes verfliegt an stickstoffhaltenden Stoffen Ammoniak, Indol und Skatol. Ein Auffangen derselben in einer Vorlage durch Kühlung und chemische Bindung gelingt nur mit vieler Mühe, so daß sich weit mehr die Bestimmung aus Differenzen empfiehlt, indem der Stickstoff des frischen Kotes und des getrockneten Kotes bestimmt wird. Da durch Zusatz von Schwefelsäure zur Trocknung das präformierte Ammoniak zurückgehalten wird, so kann aus dieser Trocknung mit frischem Kot der Stickstoff von Indol und Skatol, der zweckmäßig als Skatol berechnet wird, und mit direkt getrocknetem Kote der Stickstoff des präformierten Ammoniaks als ungefähre Differenz gewonnen werden. Außerdem sind Indol und Skatol nicht an sich bei 100°, sondern nur mit Wasserdämpfen flüchtig. Ob sie ohne völliges Austrocknen vollständig verjagt, resp. überdistilliert werden können, muß erst noch nachgeprüft werden.

Zur direkten Gewinnung von Indol und Skatol kann nach Essigsäurezusatz distilliert werden, welcher gleichfalls das freie Ammoniak zurückhält und tiefergehende Zersetzungen ausschließt, so daß der Rückstand noch zu weiteren Untersuchungen Verwendung finden kann. Aufgefangen wird Indol und Skatol durch Durchleiten durch gekühltes, schwefelsäurehaltiges

Wasser. Es ist aber damit nichts an Arbeit gewonnen, da dies Distillat nun doch nochmals zur Stickstoffbestimmung verwendet werden muß.

Meist wird aber zur Bestimmung stickstoffhaltiger Substanzen das Ammoniak oder der Stickstoff dieser Stoffe befreit und im Distillat gewonnen. Früher wurde die Zerlegung mit Natronkalk in der Hitze und trocken oder z. B. für Harnstoff mit bromhaltiger Natronlauge ausgeführt. In neuerer Zeit wird fast allgemein zuerst mit Schwefelsäure zerlegt, was als Kjeldahlverfahren bekannt ist.

An stickstoffhaltigen Stoffen werden durch direkte Distillation auch die Amine und Diamine erhalten und durch weitere Verarbeitung bestimmt. Für gewöhnliche Bestimmungen sind die entsprechenden Mengen viel zu gering, als daß eine allgemeine Kotuntersuchung überhaupt Rücksicht darauf nehmen kann. In das einfache Distillat gehen die präformierten flüchtigen fetten Säuren von der Ameisensäure bis zur Caprinsäure einschließlich über, außerdem die Phenole, und zwar Phenol, Parakresol und Orthokresol, außerdem die aromatischen Oxysäuren, und zwar Hydroparacumarsäure und Oxyphenylessigsäure und außerdem, wie schon erwähnt, Ammoniak, Indol und Skatol. Die Titrierung der Säuren kann wegen des vorhandenen Ammoniaks keine brauchbaren Zahlen geben, wie auch die Versuche ergaben. Das Distillat reagiert kaum merklich sauer. In der Literatur ist fraktioniertes Distillieren des erhaltenen ersten gemeinsamen Distillates empfohlen. Wenn mit Natriumkarbonat übersättigt wird, bleiben nur die niedrigen fetten Säuren und aromatischen Oxysäuren im Rückstand des neuerlichen Distillates. Durch Übersättigen mit Kalilauge werden auch die Phenole zurückgehalten. Mit Schwefelsäure kann danach wiederum zerlegt, die fetten Säuren mit Äther ausgeschüttelt und die übrigen Stoffe entsprechend nach-

gewiesen und gewonnen werden. Schon zur Gewinnung dieser präformierten Stoffe kann nicht vom genuinen Kot ausgegangen werden, sondern es muß erst entsprechend der Kot mit distilliertem Wasser verdünnt werden.

Viel mehr Einblick ergibt sich, wenn neben den präformierten freien flüchtigen Säuren auch die präformierten gebundenen quantitativ bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wird dem Kot vor der Distillation Wasser und Phosphorsäure bis zu bleibender stark saurer Reaktion zugesetzt. Das Ammoniak bleibt in diesem Falle zurück.

Zur praktischen Ausführung wird nicht nur die Kotaufschwemmung direkt erhitzt, sondern wie bei der Bestimmung der flüchtigen Säuren des Weines noch außerdem Wasserdampf durchgetrieben. Die Distillation wird mit ungefähr 5 g frischen Kotes vorgenommen und so lange fortgesetzt, bis 200 ccm Flüssigkeit in die Vorlage übergegangen sind. Dann wird mit Viertel- oder Zehntelnormalkalilauge bei Phenolphthalein als Indikator titriert und die gefundene Acidität als Essigsäure berechnet, wie bei Alkohol- und Ätherauszügen entsprechend die Acidität als Stearinsäure in Rechnung gesetzt wird. Angegeben wird diese Essigsäure mit Berechnung bis zur zweiten Dezimalstelle in Prozenten der Trockensubstanz.

Ein weiteres Distillationsverfahren, das für die quantitative Kotchemie in Frage kommt, wird nach Einwirkung von Salzsäure zur Bestimmung der Pentosen und Pentosane als Furfurol verwendet. Es können zuerst die übergehenden Dämpfe qualitativ mit Anilinacetalpapier geprüft werden, das durch Furfurol rot gefärbt wird. Die quantitative Bestimmung wird im Distillat mit Bisulfit und Jod ausgeführt.

Zu den Distillationen kann es auch gerechnet werden, wenn eine Kotaufschwemmung mit Hefe ver-

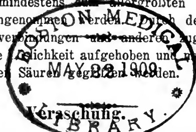
goren und die gewonnene Kohlensäure gemessen wird. Damit werden die vergärbaren Kohlehydrate bestimmt und als Traubenzucker berechnet.

Schmelzen.

Die frühere Natronkalkschmelze zur Stickstoffbestimmung ist in den letzten Jahren völlig vom Kjeldahlverfahren verdrängt worden. Für diese Schmelze mußte der Kot zuerst getrocknet werden, was bei Ersetzung durch das Kjeldahlverfahren als wesentliche Fehlerquelle beibehalten wurde. Wenn die Natronkalkschmelze auch kaum mehr für die Kotuntersuchung in Anwendung kommt, so muß sie doch zum Verständnis der älteren Stickstoffbestimmungen der Literatur erwähnt werden. Es wurde eine gewogene Menge des getrockneten Kotes in einer Glasröhre mit Natronkalk, d. h. einem innigen Gemische von Ätznatron und Ätzkalk, geglüht. Dadurch wurde aller organische Stickstoff in Form von Ammoniak ausgetrieben, das in verdünnter Salzsäure aufgefangen wurde. Das gebildete Ammoniumchlorid wurde in das unlösliche Platindoppelsalz verwandelt, getrocknet und gewogen.

Eine andere für die Kotchemie in Anwendung kommende Schmelze ist die Salpetersodaschmelze, die schließlich verpufft wird, um gewisse mineralische Bestandteile ohne Verlust oxydiert zu erhalten. Man kann dem Kot eine Mischung von Soda und Salpeter zusetzen; aber man kann auch vorläufig nur Soda zusetzen und immer wieder von neuem mit Salpetersäure befeuchten, bis die Veraschung vollständig ausgeführt ist. Zur weiteren Verarbeitung wird die ganze Schmelze in Salzsäure gelöst, die Salpetersäure verjagt. Die Verpuffung wird allmählich ausgeführt. Der

Schwefel ist in der Schmelze als Schwefelsäure vorhanden. Da aber die Schmelze einen stets wechselnden Rest der zugesetzten Alkalisalze enthält, so geht mit der Schmelze allein auch die Möglichkeit der Wägung der Gesamtasche verloren. Um daraus Kalk, Phosphorsäure und schließlich Schwefelsäure zu bestimmen, machte die Oxalsäure, welche von der Kalkbestimmung vorhanden ist, Störungen. Kalk mußte danach in der Asche bestimmt werden. Außer der Schwefelsäure wird zweckmäßig auch das Chlor des Kotes aus dieser Schmelze bestimmt. Dann muß aber die Lösung des Rückstandes an Stelle von Salzsäure mit Salpetersäure gelöst werden. Der Rückstand aus der Verpuffung der Salpetersodaschmelze müßte nach den Angaben der Literatur mindestens zum allergrößten Teile als wasserlöslich angenommen werden. Durch den hohen Gehalt an Erdverbindungen und anderen zugehörigen Stoffen ist diese Möglichkeit aufgehoben und muß darum zu konzentrierten Säuren gegriffen werden.



Veraschung.

Im allgemeinen wird für die übrigen Bestimmungen von Mineralstoffen, abgesehen vom Schwefel, die einfache Asche verwendet. Eine abgewogene Probe des vorliegenden Kotes wird im Platintiegel bei Rotglut bis zur constanten Asche verbrannt, was infolge des Fettgehaltes einige Unbequemlichkeiten verursacht und im Abzug geschehen muß. Weißglut oder der Versuch, die Asche im Gebläse auszuglühen, bis sie weiß erscheinen soll, ist zwecklos und ergibt schließlich zu niedrige Zahlen, da die Färbung von Verbindungen des Eisens und verwandter Stoffe herrührt. Diese färbenden Substanzen sind also durch das Gebläse nicht zu beseitigen, während gleichzeitig andere Mineralstoffe verjagt werden. Der erhaltene Rückstand der Rotglut



wird gewogen und das Ergebnis auf Trockensubstanz des Kotes in Prozenten berechnet.

Die Kotasche hat gegenüber dem ursprünglichen Kote ungefähr alle Oxydationsprodukte von Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel, sowie den Stickstoff und das Chlor verloren und enthält fast den ganzen Rest der Kotstoffe, und zwar, soweit es möglich ist, in oxydierter Form. Diese weiteren Stoffe können nur aus der Asche in ihrer Gesamtsumme bestimmt werden.

Mit Wasser ist nur ein sehr kleiner Teil der Asche löslich, der zur allgemeinen Orientierung quantitativ bestimmt wird. Denn das Verhältnis der Menge löslicher und unlöslicher Stoffe in der Kotasche gibt wertvolle Einblicke für die praktische Verwertung der Kotanalyse. Für weitergehende Einzeluntersuchungen könnte auf das Vorgehen der Nahrungsmittelchemie zurückgegriffen werden, welche Aschen mit zehnprozentiger Salzsäure ausziehen und den unlöslichen Rückstand bestimmen läßt.

Zur Bestimmung der löslichen Asche wird die ursprüngliche Asche dreimal nacheinander mit siedendem distilliertem Wasser übergossen, die Lösung abgegossen und der getrocknete unlösliche Rückstand gewogen. Die Differenz ergibt die lösliche Asche.

Der größte Verlust an Mineralstoffen entsteht dadurch, daß die glühende Kohle vor der vollständigen Veraschung zu reduzieren vermag. In der Literatur wird zur Vermeidung dieser Verluste empfohlen, zuerst nur zu verkohlen, die löslichen Mineralstoffe der Kohle mit Wasser auszuziehen und dann erst die zurückbleibende Kohle vollständig zu veraschen. Noch empfehlenswerter wäre es, die Kohle nicht mit Wasser, sondern mit einer verdünnten Lösung von Salpetersäure und Essigsäure auszuziehen. Da aber auch so die einzelnen Mineralstoffe, z. B. Schwefel, nicht vollständig gewonnen werden, so müssen für einzelne Be-

stimmungen besondere Untersuchungsmethoden, z. B. die Salpetersodaschmelze, ausgeführt werden.

Für die weitere Untersuchung der Asche wird in konzentrierter Salzsäure oder in konzentrierter Salpetersäure gelöst und in diesen Lösungen die entsprechende weitere Bestimmung ausgeführt, da die zehnprozentige Salzsäure zur Verarbeitung der Kotasche sich nicht bewährt hat.

Arbeiten mit Flüssigkeiten.

Soweit Auszüge gemacht werden, die Lösungen darstellen, und die filtriert werden müssen, wird die Schwierigkeit der Filtration teilweise umgangen, wenn die Flüssigkeit im graduierten Zylinder bis zu einer gewissen Marke aufgefüllt wird, ein teilweises Absetzen abgewartet wird und nun von den überstehenden, weniger mit körperlichen Elementen verunreinigten Flüssigkeiten nur bis zum Erhalt eines gewissen Anteils, z. B. $^2/_3$, als Filtrat filtriert wird. Für flüchtige Lösungsmittel ist dies nicht angängig, da leicht Anteile des flüchtigen Lösungsmittels während der Arbeit verfliegen können. Für die große Mehrzahl von Kotstoffen muß der Bestimmung eine Lösung mit entsprechenden Lösungsflüssigkeiten vorausgehen. Als Lösungsflüssigkeiten kommen in Betracht: Wasser, Alkohol, Methylalkohol, Äther, Petroläther, Tetrachlorkohlenstoff, Essigäther und Chloroform. Diese Lösungsflüssigkeiten können rein oder mit sauren, neutralen oder alkalischen Zusätzen in Anwendung kommen. Ein technischer Fehler ergibt sich dabei dadurch, daß niemals restlose Lösung der löslichen Stoffe eintritt. Brauchbar sind nur jene Methoden, bei welchen dieser Rest, ohne zu starke Verteuerung der Arbeit, ohne zu viel Zeitversäumnis und ohne großen Materialverbrauch entsprechend klein ist. Wenn aber der Rest auch sehr

klein ist, so besitzt die Bestimmung doch noch Schwierigkeiten, insofern in jedes Lösungsmittel eine größere Anzahl verschiedener Stoffe übergeht. Die Menge muß entweder durch titrimetrische Methoden oder aus der Fällung oder aus der Abdampfung oder durch ein Ausschüttelverfahren getrennt werden.

Häufig ist ohne entsprechende Reindarstellung der einzelne Auszug für allgemeinen Überblick genügend; es werden darum die einzelnen Auszüge getrocknet, gewogen und auf Trockensubstanz berechnet.

Ausschüttelungen.

Die Ausschüttelungen sind für die Kotuntersuchung noch wenig im Gebrauch. Sie dürften aber, je klarer die allgemeinen Einblicke in die Kotzusammensetzung werden, um so mehr die künftige Kotuntersuchung beherrschen. Für die Ausschüttelungen muß auf die grundlegenden Kellerschen Vorschriften, die ich leider noch nicht in der Originalveröffentlichung einsehen konnte, zurückgegriffen werden, die auf dem Ausschüttelungssystem mittels geeigneter Lösungsmittel basieren. Meist werden diese zur Titrimetrie verwendet. Ein guter Überblick, der mir leider auch nicht zur Hand ist, soll sich in der amerikanischen Pharmakopoe von 1906*) in einem besonderen erklärenden Artikel finden.

Es kann vielleicht der Kot mit konzentrierten wässerigen Lösungen von Chlornatrium, Glaubersalz oder Zinksulfat in eine Flüssigkeit verwandelt und diese mit Äther, Petroläther, Chloroform, Alkohol oder Methylalkohol oder Tetrachlorkohlenstoff ausgeschüttelt werden. Es fehlen aber für die Kotchemie noch die Vorarbeiten, um brauchbare und zuverlässige Aus-

*) Alkaloidal essay by immiscible solvents Ph. U. S.

schüttelungen für bestimmte Untersuchungen empfehlen zu können.

Sekundär kommt eine Ausschüttelung für die Fettbestimmung in Betracht. Nach der Verseifung des Ätherauszugs und der Zerlegung der Seifen mit Säure kann statt der Absaugung der Fette auf dem Asbestfilter der Verdunstungsrückstand der Ätherausschüttelung gewogen werden. Letztere Methode ließ ich 1906 von Anfang an verwenden. Das Ergebnis wird dadurch allerdings größer, daß einige gleichzeitig im Wasser und Äther lösliche mehrwertige Säuren in die Ausschüttelung übergehen, während sie nicht auf dem Asbestfilter zurückbleiben. Aber es kommt nur auf die gegenseitige Vereinbarung dieser Methode an, um diesen Überschuß an gewonnenen Stoffen nicht als Fehler erscheinen zu lassen.

Einfach wässerige Auszüge.

Auszüge mit distilliertem Wasser können aus frischem Kot, aus Trockenkot, aus Ätherauszugsrückstand, aus Kohle und aus Asche des Kotes auf kaltem und heißem Wege bereitet werden.

Wegscheider*) hat den frischen Kot mit distilliertem Wasser verrührt und filtriert. Er gibt an, daß das Filtrieren wegen des Mucingehaltes nur langsam vor sich ging. Ury**) machte den kalten wässrigen Auszug des Kotes so, daß er die Tagesportion frischen Kotes mit distilliertem Wasser auf 500 ccm verrührte und filtrierte. Gegenüber Wegscheider nahm er Abänderungen vor, welche den quantitativ zuverlässigen Charakter beeinträchtigen und die Filtration in 24 Stunden beendigen. Unter anderen Umständen dauert

*) Inauguraldissertation, Straßburg, 1875.
**) Archiv für Verdauungskrankheiten, 1903.

sie mehrfach solange. Dabei ist zu bedenken, daß der Kot die verschiedensten organischen Substanzen, Nährsalze und Pilzkeime enthält. Es ist ganz undenkbar, daß nicht am Ende einer vierundzwanzigstündigen Aufschwemmung Pilzzersetzungen weitergegangen sind. Die Stoffe im schließlichen Filtrat beweisen ohne besondere Vorsichtsmaßregeln nur wenig für die Zusammensetzung des frisch entleerten Kotes. Es kann darum nur ausnahmsweise mit dem einfach wässrigen Auszuge gearbeitet werden.

In den einfachen wässrigen Auszug des Kotes gehen eine Anzahl der anorganischen Verbindungen, vor allem freie Alkalisalze, dann Albumosen, Peptone, flüchtige Fettsäuren, Gummi, Raffinose, Inulin und andere Zuckerarten, etwas von den Alloxurkörpern und Farbstoffe, Ammoniak und andere Verbindungen über. Ob diese Stoffe sich quantitativ lösen, hängt davon ab, ob das Wasser heiß oder kalt verwendet wird. Im allgemeinen hängt es auch davon ab, ob der Kot vorher entfettet wurde oder nicht, da manche sonst wasserlösliche Stoffe in der Fettumhüllung vom Wasser nicht erreicht und darum auch nicht vollständig gelöst werden. Vor allem tragen die Salze der Körperflüssigkeiten zur Löslichkeit der Kotstoffe bei, wie man sich bei Kot, der im Urin des gleichen Individuums schwimmt, überzeugen kann. Es wird dabei sichtbar, daß vor allem die Farbstoffe des Kotes in den Urin übergehen.

In den *einfachen, wässrigen Auszug*, welcher *kalt* aus *frischem* Kot bereitet wird, geht wegen des vorhandenen Fettes und der Lipoide kaum ein Kotbestandteil restlos über; nur die wasserlöslichsten gehen nahezu restlos über. Durch mechanische Nachhilfe beim Vermengen verbessert sich die Lösung, erschwert sich aber die Filtration. Für das Aufsuchen einiger nativer Eiweißstoffe, welche im heißen Wasser

koagulieren, oder für Stoffe, welche mit Wasserdämpfen flüchtig sind und nicht im Distillat aufgesucht werden sollen, kann dieser Auszug nicht ganz vermieden werden. Da aber native Albumine und Globuline nur in einigen selteneren Fällen vorkommen, so ist dieser Auszug nicht häufig ausgeführt. Wenn er ausgeführt wird, erfordert er eine Zerkleinerung und feine Verteilung der Kotmassen in Wasser, um einen möglichst hohen Anteil der löslichen Stoffe in Lösung zu bringen. Das Abfiltrieren ist sehr zeitraubend. Das Filtrat könnte im ganzen eingedampft und die Menge des wässrigen Auszugs bestimmt werden, was meines Wissens bis jetzt noch niemand ausgeführt hat. Der Auszug kann im Grütznerschen Apparate mit distilliertem Wasser vorgenommen werden.

Die Albumine und Globuline können gefällt und quantitativ bestimmt werden. Es sind nur seltene pathologische Fälle, in denen sich ein positiver Befund an nativen Eiweißen ergibt. Benützt wird dieser Auszug auch als Vorbereitung für die Caseinbestimmung nach Biedert, um aus dem caseinhaltigen Rückstande die Albumine, Globuline und Mucine zu entfernen.

Einen Auszug mit reinem distilliertem Wasser stellt dieser Auszug nicht dar, obwohl distilliertes Wasser verwendet wurde, da auch Salze und Ammoniak übergehen. Wenn dieser kalte Auszug mit distilliertem Wasser neutral, resp. alkalisch reagiert, so gehen auch noch Schleim, kleine Mengen Casein und andere Substanzen über. Umgekehrt bleibt aber auch ein Anteil Albumine zurück, der sich darnach mit verdünnter Salzsäure ausziehen läßt. Beim einfachen wässrigen Auszug, der aus getrocknetem Kot bereitet wird, sind die flüchtigen Stoffe, vor allem das Ammoniak, verflogen und Albumine und Globuline vorher koaguliert, so daß diese Stoffe nicht mehr im Auszug anzutreffen sind. Unter solchen Umständen wird aber zweckmäßiger

der Rückstand des Ätherauszuges zum kalten wässrigen Auszug verwendet, der zudem die Milchsäure und noch ein wenig an Farbstoffen verloren hat. Er behindert die lösende Kraft des Wassers aber nicht mehr durch den Reichtum an Fetten und Lipoiden. Mit kaltem distillierten Wasser läßt sich der Ätherauszug schwer ausziehen.

Mit heißem distillierten Wasser ist aus frischem Kot, wobei zweckmäßig häufige kleine Portionen verwendet würden, meines Wissens bisher nicht gearbeitet worden. Für Nachweise, bei welchen Albumine und Globuline stören würden, ist dieser Auszug geeignet, da diese Stoffe zurückbleiben. Wenn abermals die beseitigte Annahme auftauchen sollte, daß im Kot Peptone oder Albumosen anwesend sein könnten, würde von dieser Auszugsart zweckmäßiger als vom kalten Auszug ausgegangen. Das Filtrieren wird dabei vereinfacht, wenn es in geeigneter Weise mit dem Abgießen vereinigt wird. Auch hierfür wird besser vom getrockneten als vom frischen Kote ausgegangen.

Mit heißem distilliertem Wasser werden zweckmäßig ebenfalls in häufigen kleinen Portionen die Ätherauszüge, Petrolätherauszüge und Chloroformauszüge ausgewaschen. Es werden dadurch wasserlösliche Stoffe, wie z. B. Milchsäure, entfernt. Zur Auswaschung der freien Milchsäure wird der Ätherauszug erst auf dem Wasserbade getrocknet und dann dreimal mit heißem Wasser aufgegossen und das Wasser wieder abgegossen. Da der Ätherauszug als klebrige Masse an den Wandungen haftet, ist das Abgießen leicht und vollständig ausführbar. Sollte sich durch die Temperatur des heißen Wassers der Ätherauszug allzusehr verflüssigen, so muß vor dem Abgießen die Abkühlung abgewartet werden.

Eine Gruppe von Eiweißstoffen kann mit Hilfe von Thiosinamin gelöst werden. Nach der Thiosinamineinwirkung kann eine Art Schmelze entstehen, welche

durch wiederholtes Aufgießen mit siedendem Wasser erschöpft werden kann.

Aus der Schmelze mit Natronkalk wird alles Ammoniak ausgetrieben. Dafür ist im Rückstand aber aller Schwefel in der entsprechenden ursprünglichen Oxydationsstufe vorhanden. Da in der einfachen Laugenauskochung nach unseren Versuchen der Nachweis von bleischwärzendem Schwefel mißglückt ist, so könnte der Rückstand obiger Schmelze durch Erschöpfung mit siedendem Wasser zum Nachweis der ursprünglichen Oxydationsstufen der verschiedenen Anteile des Kotschwefels verwendet werden.

Da Chlor und die Alkalien beim schließlichen Veraschen verloren gehen und dasselbe mit den Schwefelverbindungen in reduziertem Zustand der Fall ist, so wird die Veraschung zweckmäßig bei Ausbildung der Kohle unterbrochen, die Kohle mit heißem Wasser ausgezogen und dann nach Trocknung der Kohle die Veraschung vollendet. Im wässrigen Auszug, der mit der schließlichen Asche vereinigt wird, können die löslichen Bestandteile annähernd quantitativ erhalten werden.

Weniger von chemischem als von praktischem Werte ist es, direkt zu veraschen und aus der erhaltenen Asche den durch heißes Wasser löslichen Anteil zu bestimmen. Je mehr unveränderte Nahrungsstoffe in den Kot übergehen, um so höher ist dieser Anteil an löslicher Asche. Praktisch ist es für diesen Zweck, den Aufguß mit heißem distillierten Wasser dreimal nacheinander vorzunehmen.

Die Auskochung mit distilliertem Wasser stellt die kräftigste Wassereinwirkung dar. Sie kann an frischem Kote vorgenommen werden. Als Vorbereitung wird zuerst der frische Kot innig mit kaltem distillierten Wasser gemengt bis zur Konsistenz eines dünnen Breies, und dann wird aufgekocht und heiß

filtriert. Beim kalten Filtrieren fallen schon wieder Stoffe aus.

Von den wasserlöslichen Stoffen bleiben die Albumine und Globuline koaguliert zurück; von den flüchtigen Stoffen verfliegt ein Teil. Umgekehrt wird aber die Stärke, die kaum je $^1/_2$% der Trockensubstanz des Kotes überschreitet, als Kleister angeblich löslich. Vor allem würde aber die Auskochung die Albumosen und Peptone enthalten. Daneben sind aber auch andere Stoffe der Eiweißgruppe gelöst, wahrscheinlich den Mucinen nahestehend. Die letzteren ließen sich bei Jaksch meist mit essigsaurem Blei ausfällen; genügte diese Fällung nicht zur völligen Entfernung der komplexen Eiweißkörper, so wurde von Jaksch der Rest mit essigsaurem Eisenoxyd entfernt. Diese letztere Fällung wird in folgender Weise vorgenommen: es wird eine Lösung von essigsaurem Natron hergestellt und dann Eisenchlorid zugesetzt, genau mit Kalilauge neutralisiert, aufgekocht und filtriert. Im Filtrat der Kotauskochung sollen angeblich Albumosen und Peptone sein, welche weiter mit Phosphorwolframsäure behandelt werden.

Wird zum Auskochen viel Wasser verwendet und ist dies schwach alkalisch, so gehen auch die präformierten Alloxurkörper quantitativ in Lösung.

Eventuelle Zucker, welche wahrscheinlich als Dextrose primär im Kote nicht vorkommen, Gummi, Raffinose und Inulin (letztere drei als Reste aus der Nahrung) gehen in die Auskochung über. Auch die vorhandene Stärke soll als Kleister in der Auskochung enthalten und mit Jod erweisbar sein. Letzteres ist aber nicht der Fall, da manchmal unter dem Mikroskope reichlich Stärke erwiesen werden kann, ohne daß die Auskochung entsprechende Jodreaktion ergäbe. Dagegen ist eine Schätzung des Stärkegehaltes wie im mikroskopischen Bilde, so auch in der Auskochung möglich.

Es ist noch nicht klar, ob bei dieser Kochung unter Umständen aus dem Chondromukoid schon etwas Chondrosin abgespalten werden kann. Damit würden sekundär die reduzierenden Substanzen vermehrt.

Eine Auskochung des getrockneten unverarbeiteten Kotes ist zwecklos; dagegen empfiehlt sich die Auskochung des entfetteten Kotes. Kotauskochungen mit Wasser gehören zu den unangenehmen, übelriechenden Arbeiten, die vermieden werden sollen, wo sie vermeidbar sind.

Säurezusatz zu Wasser.

Wenn der Kot sauer reagiert, befindet sich ein größerer Anteil in Lösung, als wenn er alkalisch reagiert. Darum kann auch durch Säurezusatz zum Auszugwasser mancher vorher unlösliche Bestandteil in Lösung gebracht werden; wenige vorher lösliche Stoffe werden dadurch unlöslich. Das Nächstliegende ist, die saure Reaktion durch organische Säuren zu veranlassen. Davon ist für die Kotuntersuchung fast nur Essigsäure im Gebrauch. Ich habe ausnahmsweise auch einmal Allylsenföl verwendet. Von anorganischen Säuren sind Phosphorsäure, Salzsäure und Schwefelsäure verwendet worden.

Essigsäure in der Kälte hat meist keinen Zweck. Es kommen also nur Auskochungen mit verdünnter Essigsäure in Betracht. Ich bevorzuge eine 2 % Essigsäure, der 10 % Alkohol zugesetzt sind; früher habe ich 6 % Essigsäure ohne Alkoholzusatz verwenden lassen. Versuche, mit konzentrierter Essigsäure Auszüge zu bereiten, ergaben schmierige Massen, welche nicht durch das Filter zu bringen waren. Wo in der Literatur auf den Kot mit verdünnter Essigsäure eingewirkt wurde, sind fast nie die Prozente der Essigsäure vermerkt. Die Ergebnisse,

welche durch Auszug mit verdünnter Essigsäure erhalten werden können, decken sich zum Teil mit dem Salzsäureauszug. Kalt wird er verwendet, um Albumine, Globuline, Albumosen und Peptone auszuziehen, wobei der Essigsäurezusatz die Lösung von Casein, Schleim usw. verhindern soll. Für die Anwendung der Hitze muß die Essigsäure gegenüber den löslichen Eiweißkörpern mindestens im Überschuß sein. Ich habe ganz im Anfang meiner Kotuntersuchungen diesen Auszug herstellen lassen, dann aber diese Bestimmung wieder verlassen.

Der Essigsäureauszug enthält das Hämatin; außerdem werden organische Bestandteile gelöst, welche nach den Angaben der Literatur mit Salzsäure und Alkoholauszügen zur Feststellung der abgebauten, anorganischen Stoffe vereinigt werden sollen. Verdünnte Essigsäure wird zur Herstellung des Breies verwendet, der durch Distillation auf Aceton geprüft wird.

Einmal ließ ich den Kot mit Allylsenföl behandeln und das Mazerat mit Wasser ausziehen. Die Kontrollextraktion mit Thiosinamin gab für die koagulierbaren Stoffe gut stimmende Resultate. Da aber das Arbeiten mit Allylsenföl die Augen in unangenehmer Weise reizt, so ist praktisch der Allylsenfölauszug stets durch den Thiosinaminauszug zu ersetzen.

Eine wässrige Phosphorsäureverdünnung wird zur Ansäuerung benützt, um die niedrigen organischen Säuren frei und in Wasser löslich zu machen. Die flüchtigen Fettsäuren von der Ameisensäure bis zur Capronsäure können aus diesem Gemenge durch Distillation gewonnen werden. Der Rückstand kann nach dem Abdistillieren und der folgenden Neutralisierung mit Ammoniak zum Milchsäurenachweis verwendet werden. Hoppe-Seyler empfiehlt zur Bestimmung der flüchtigen Säuren vor der Distillation einen alkoholischen Auszug herzustellen und diesen zu distillieren.

Mit sehr verdünnter Salzsäure in der Kälte

zieht Biedert nach dem distillierten Wasser und der verdünnten Salzlösung den Rest der Albumine und Globuline aus. Die Salzsäure löst einen Teil der präformierten anorganischen Bestandteile; außerdem sind ungefähr alle im wässrigen Auszug gelösten Stoffe enthalten. Eine Salzsäurelösung von 0,1 bis 0,2 % soll nach Hammarsten Mucin lösen, das beim Verdünnen mit distilliertem Wasser wieder ausfällt. Kitagawa gibt an, daß dieser Auszug für Kotschleim nicht geeignet ist. Dies spricht, wie vieles andere, gegen die reine Mucinnatur des Kotschleimes. Den Kot von Kindern von 8 Tagen bis 12 Monaten zog Uffelmann mit 0,5 % Salzsäure aus und filtrierte. Er erhielt in dem Auszug in den allermeisten Fällen deutlich positive Biuretreaktion. Von Anfang ist von Uffelmann der Auszug mit 3—4 prozentiger Salzsäure zum Erhalt von Albuminen, Globulinen, Albumosen und Peptonen empfohlen worden, wobei der Zusatz die Lösung von Casein, Schleim (siehe aber oben) usw. verhindern soll. Es wird in der Kälte ausgezogen. Von anderen Autoren wird für den gleichen Zweck schwach essigsäurehaltiges Wasser empfohlen. Casein und sein Spaltprodukt Paranuklein lösen sich wiederum in einem Überschuß von Säure, und zwar besonders von Salzsäure. Für mich ist es die Frage, ob zum Ausschluß der Caseingruppe nicht die Salzsäure von Uffelmann schon zu konzentriert war. Mit Essigsäure, Salzsäure und Alkohol wird nacheinander von Grundzach in der Hitze ausgezogen und die Auszüge vereinigt, um angeblich die Summe der mineralischen Stoffe in anorganischer Bindung zu erhalten. Es deckt sich diese Angabe von Grundzach nicht vollständig mit den tatsächlichen Ergebnissen.

Mit heißer Salzsäure wird zur Bestimmung der Oxalsäure ausgezogen; zum Gelingen der Bestimmung wird aber zuvor mit Alkohol und Äther ausgezogen.

Bei anhaltendem Kochen bis zu 3 Stunden wird

mit 10prozentiger Salzsäure in 20facher Menge des verwendeten frischen Kotes unter Rückflußkühlung fast alles löslich, was der Kot an abgebauten Stoffen des Körpers enthält, während die Nahrungsreste zum großen Teil dabei unlöslich bleiben. Anhaltendes Kochen mit Salzsäure unter Rückflußkühlung oder unter gespannten Dämpfen wird zur Verzuckerung von Kohlehydraten verwendet. Durch ersteres soll Dextrin in Zucker, durch letzteres Stärke in Dextrin übergeführt werden. Speziell Strasburger verwendete zweiprozentige Salzsäure. Bei reichlicher Stärke konnte aber Zuckerfreiheit und auch umgekehrt gefunden werden. Nach mehrstündiger Behandlung im Drucktopf ohne Ansäuerung und nachfolgender Behandlung am Rückflußkühler mit Salzsäure konnten mikrochemisch noch ebenso wie zuvor die Stärkekörner erwiesen werden. Ich habe an anderer Stelle ausgeführt, daß es sich hier nicht um Inversion der schwer zugänglichen, eingeschlossenen Stärke, sondern um Abspaltung von Chondrosin, Glukosamin oder Glukuronsäure aus Chondromukoid usw. handelt. Das Chondrosin usw. ergibt die gleichen Reduktionsreaktionen wie Zucker.

Die Salzsäure spaltet beim anhaltenden Kochen anorganische und organische Säuren ab und bringt sie in Lösung. Die Angabe der Literatur, daß die präformierte Schwefelsäure aus anorganischen Verbindungen in Freiheit kommt, scheint mir aber der elementaren Chemie zu widersprechen. Dagegen wird durch Salzsäure die Schwefelsäure des Chondromukoids und auch sicherlich die präformierte anorganische Phosphorsäure frei und geht in Lösung. Möglicherweise kann es auch der Fall sein, mit einem Teil der organisch gebundenen Phosphorsäure. Eine Distillation nach vorheriger Einwirkung mit Salzsäure ist zur Bestimmung der Pentosen und Pentosane als Furfurol empfohlen.

Die Auskochung mit Salzsäure kann zu den vor-

stehenden Zwecken am frischen Kot, am einfach getrockneten Kot und am getrockneten Kot mit Sandzusatz ausgeführt werden. Bei einer vergleichenden Bestimmung zwischen einfach getrocknetem und mit Sandzusatz getrocknetem Kote ergab obige Inversion der Dextrine, resp. Spaltung der Mukoide, in letzterem Fall wesentlich niedrigeres Resultat, so daß die Trocknung mit Sandzusatz für diese Bestimmung zu vermeiden und die Verarbeitung des frischen Kotes zu empfehlen ist.

Die Vorschrift läßt für die erwähnte Einwirkung auf Kohlehydrate mit Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,125 drei Stunden am Rückflußkühler kochen; dadurch wird das Dextrin, aber noch nicht die Stärke bei den Untersuchungen der Nahrungsmittelchemiker zur Inversion gebracht. Es sollen nach den Vereinbarungen drei Bestimmungen gemacht werden und die höchste Ausbeute als richtig gelten. Wenn auch die Stärke in die Inversion einbezogen werden soll, so soll in obiger Weise 8 Stunden im Drucktopfe im Glyzerinbad bei 110° C gekocht werden. Diese Reaktion gilt erst dann als beendigt, wenn danach keine Jodreaktion mehr eintritt, was bei Kotuntersuchungen nie erreicht wird. Besonders bei Leuten, welche Grahambrot gegessen haben, ist dieser Grad chemischer Einwirkung für den Kot unerreichbar. Danach wird nochmals 5 Stunden am Rückflußkühler gekocht. Wenn die obig verlangte Umänderung der Stärke erreicht wird, dann erst ist die Annahme berechtigt, daß alle Kohlehydrate, allerdings noch ausschließlich der Zellulose, als lösliche reduzierende Stoffe bestimmt werden können.

Salzsäure mit chlorsaurem Kali ist ein energisches Oxydationsmittel, dem von den schwefelhaltigen Kotbestandteilen nur das Taurin widersteht. Dieses Verhalten wird benützt, um einesteils die gesamte

Schwefelsäure aus dem Kote und dann die Schwefelsäure unter vorerwähnter Oxydation zu bestimmen. Die Differenz wird zur Berechnung des vorhandenen Taurin benützt.

Mit konzentrierter Salzsäure oder konzentrierter Salpetersäure werden die Aschen und Schmelzen gelöst. In der Literatur ist als Lösungsmittel Wasser oder verdünnte Säure angegeben. Wo unter Umständen eine Bestimmung des Chlors der Kotasche oder Salpetersodaschmelze gewünscht werden kann, ist prinzipiell die Lösung mit Salpetersäure vorzuziehen; mit Salzsäure ist aber angenehmer zu arbeiten. Auch die vorhandene Kieselsäure löst sich dabei und wird durch Verdampfen der Lösung und wiederholte Lösung ausgeschieden. Durch Wägung wird die schließlich bleibende Kieselsäure bestimmt und auf Trockensubstanz des Kotes berechnet. Wenn die vollständige Aschenanalyse gewünscht wird, so werden mehrere gewogene Teile des Kotes verascht und die einzelnen Aschen für verschiedene Bestandteile weiter verarbeitet. Dabei wird jene Asche, aus der das Chlor bestimmt wird, mit Salpetersäure gelöst. Für die übrigen Aschen wird Salzsäure gewählt.

Wird die vorhandene Säurelösung dann mit Ammoniak annähernd neutralisiert, so entsteht eine bedeutende Fällung, welche zum größten Teil aus phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bestand, entsprechend der gesamten im Kote enthaltenen Magnesia, da Phosphorsäure stets im Verhältnis zur Magnesia im Überschuß vorhanden ist. Ebenso befindet sich die Phosphorsäure auch noch überdies im Überschuß zum Eisen und der Tonerde. Im Ammoniakniederschlag befinden sich darum auch noch die phosphorsauren Verbindungen von Fe_2O_3 und Al_2O_3 sowie verwandte Stoffe. Der gesamte Ammoniakniederschlag umfaßt ungefähr zwei Drittel der gesamten Asche. Aus einem Teil des Fil-

trates der Salpetersäurelösung wird durch Zusatz von salpetersaurem Silber das Chlor ausgefällt und bestimmt. Diese Methode der Chlorbestimmung ist nicht ganz genau; sie liefert etwas zu niedrige Zahlen. Es müßte zur gleichzeitigen Bestimmung von Chlor, Phosphorsäure und Schwefelsäure nach dem Verfahren von Brügelmann die Substanz im Sauerstoffstrom verbrannt und die Verbrennungsprodukte über Ätzkalk geleitet werden. Für unsere Zwecke kann aber die Differenz nicht entsprechend groß sein, um die umständlichere und teuerere Methode auszuwählen. Auch das Chlor wird natürlich auf Trockensubstanz berechnet. Dann wird die Salpetersäure verjagt.

Durch Chlorbaryum wird aus dem Filtrat der Chlorbestimmung die vorhandene Schwefelsäure ausgefällt, abfiltriert, gewogen und auf Trockensubstanz des Kotes berechnet.

Zur Bestimmung der Phosphorsäure wird ein Teil der Säurelösung mit Ammoniak übersättigt, der Niederschlag mit Zitronensäure gelöst und mit Ammoniakmagnesiamixtur ausgefällt.

Ein anderer Teil der Säurelösung der Asche wird durch Zusatz von einigen Körnchen chlorsaurem Kali im Kochen oxydiert. Mit wenig Ammoniak läßt sich das zu Fe_2O_3 oxydierte Eisen ausfällen. Dabei wird aber Tonerde als Eisen bestimmt. Denn eine Trennung von Fe_2O_3 und Al_2O_3 stößt bei den kleinen Mengen Materials auf große Schwierigkeiten.

Das Filtrat wird zum Kochen erhitzt, noch etwas Ammoniak zugesetzt und durch oxalsaures Ammonium der Kalk zur Bestimmung als oxalsaurer Kalk ausgefällt.

Im Filtrat auch dieser Fällung ist bisher durch die Anwesenheit von Chlorammonium die Magnesia in Lösung geblieben. Es wird nun wieder etwas Ammoniak zugesetzt und darnach durch Zusatz von Dinatriumphosphat die Magnesia zur Bestimmung ausgefällt.

Schon diese Skizze zeigt, daß im Rahmen der praktischen Kotanalyse die Aschenverarbeitung nur zum Zwecke eines allgemeinen, aber nicht ganz genauen Überblicks ausgeführt werden kann.

Auskochen mit verdünnter Schwefelsäure gehört zu den kräftigsten Lösungsmitteln. Wenn darauffolgend mit verdünnter Natronlauge ausgekocht wird, werden alle Bestandteile des Kotes mit Ausnahme der Rohfaser und unlöslicher Mineralbestandteile in Lösung gebracht, so daß im Rückstand dies Verfahren zur Rohfaserbestimmung benützt wird. Das Auskochen frischen Kotes allein mit verdünnter Schwefelsäure bewirkt unter den vielen übrigen Zerlegungen die Abspaltung der Alloxurbasen aus den Nukleinen. Dies benützte Weintraud, um die Alloxurbasen quantitativ zu bestimmen und daraus die Nukleine zu berechnen. Die Alloxurbasen sind aber wahrscheinlich absichtlich ausgeschiedene Abfallprodukte des Organismus, die bei ihrer Schwerlöslichkeit in der Hauptmasse in den Kot übergehen müssen, sonach nicht erst durch die vorstehenden Eingriffe aus komplexen Körpern entstehen.

Die Verarbeitung des Kotes mit konzentrierter Schwefelsäure spaltet allen Stickstoff, der nicht in Nitraten oder Nitriten enthalten ist, als Ammoniak ab und ergibt die erste Vorbereitung zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl. Bei Zusatz von Benzoesäure soll auch der Stickstoff der Nitrate und Nitrite in die Bestimmung eingeschlossen werden. Wesentlich für diese Bestimmung ist es, ob der frische Kot sofort dieser Verarbeitung unterworfen wird, oder ob durch einen oder den andern vorherigen Eingriff kleinere oder größere Gruppen von stickstoffhaltigen Substanzen entfernt wurden. Eine Abänderung dieser Art ist das Verfahren nach Stutzer, das bezweckt, vor der Verarbeitung nach Kjeldahl erst alle wasserlöslichen, nicht gerinnbaren und auch flüchtigen Stoffe zu entfernen.

Die Methode ist folgende: Es werden jene Stickstoffverbindungen, welche löslich und nicht durch Eiweißreagentien fällbar sind, vor der Behandlung mit Schwefelsäure entfernt und in der Nahrungsmittelchemie der Reststickstoff als Eiweißstickstoff angesehen. Damit wird in der Nahrungsmittelchemie aller reduzierte Reststickstoff der Eiweiße bestimmt. Da aber die schwerlöslichen Stoffe Indol und Skatol nur mit Wasserdämpfen flüchtig sind, so werden sie in der Kotuntersuchung mit Stutzers Verfahren als Eiweißstickstoff bestimmt, und wird nur der Ammoniakstickstoff entfernt.

Die Bestimmung des Stickstoffs aus getrocknetem Kote bereitet Schwierigkeiten; ohne Sandzusatz kommt keine genügende Trocknung zustande. Wenn aber mit Sand, und wenn es noch so wenig war, getrocknet wurde, so geriet die Flüssigkeit im Zersetzungskolben in starkes Stoßen. Das ist so heftig, daß entweder der Zersetzungskolben eingebüßt werden kann oder daß beim Zersetzen Flüssigkeit verspritzt, so daß das Ergebnis nicht mehr quantitativ ist. Bei der Trocknung werden die an sich flüchtigen und die mit Wasserdämpfen flüchtigen Stoffe verjagt. Aus der Stickstoffgruppe kommen vor allem Ammoniak, Indol und Skatol in Betracht. Zur Bestimmung der fixen Stoffe mit Stickstoffgehalt muß darum getrocknet werden, und zwar mit Rücksicht auf das starke Stoßen und Spritzen der Flüssigkeit bei der Schwefelsäureeinwirkung ohne Sandzusatz. Während der Trocknung muß verschiedentlich zerkleinert und, da manche Teile von ätherlöslichen Stoffen eingehüllt werden können, mehrmals unter erneutem Wasserzusatz eingetrocknet werden. Für die erneute Anfeuchtung empfiehlt sich vielleicht eine schwache Sodalösung, die einesteils die Fette verseift, andernteils die Verflüchtigung des Ammoniaks aus organischen Stoffen begünstigt. Die Trocknung erfolgt bei 110° C und dauert ungefähr 5 Stunden.

Die Trockensubstanz wird mit Schwefelsäure und entsprechend dem Kjeldahlverfahren weiter behandelt.

Der gesamte Stickstoff wird erhalten, wenn sofort der frische Kot der Behandlung mit Schwefelsäure unterworfen wird. Die ersten Kotuntersuchungen hatten Stoffwechseluntersuchungen zum Ausgang, bei denen der Kotstickstoff ein Eiweißmaß abgeben sollte. Natürlich war jenen Bahnbrechern der Chemie, welche die ersten Stickstoffbestimmungen des Kotes ausführten, der Ammoniakgehalt des Kotes bekannt. Sie wünschten das Ammoniak als Fehler des Eiweißmaßes auszuschließen und trockneten daher zur Verjagung des Ammoniaks den Kot vor der Stickstoffbestimmung. Die Arbeit mit Natronkalk in früherer Zeit ließ sich auch leichter mit getrocknetem Kote ausführen. Es hatte sich darum allgemein eingebürgert, daß der Kot vor der Stickstoffbestimmung stets getrocknet wurde. Für das gegenwärtige Verfahren nach Kjeldahl ist dies nicht mehr erforderlich, sondern es ist sogar erschwerend.

Auch unter dem alten Gebrauche der Trocknung war man für gewisse Untersuchungen bestrebt, den Ammoniakstickstoff nicht aus der Bestimmung zu verlieren. Camerer hat darum meines Wissens zuerst vor der Trocknung etwas verdünnte Schwefelsäure dem Kote zugesetzt, um das Ammoniak in ein nicht flüchtiges Salz zu verwandeln. Dabei wird aber Indol und Skatol nicht zurückgehalten.

Um allen löslichen und flüchtigen Stickstoff zu entfernen, der nicht Eiweißkörpern angehört, müßte der mehrmalig mit geringem Zusatz von Sodalösung befeuchtete und getrocknete Kot wiederholt mit einer zweiprozentigen Tannin- und zehnprozentigen Alkohollösung am Rückflußkühler ausgekocht werden. Der Stickstoff des Rückstandes umfaßt Eiweißstickstoff und diesem Nahestehendes.

Auch die verschiedenen anderen Auszüge können auf Stickstoffgehalt untersucht werden. Es wird dabei natürlich entsprechend verfahren. Das Verfahren nach Kjeldahl beruht darauf, daß die konzentrierte Schwefelsäure die organischen Substanzen vollständig zerstört und die Umwandlungsstoffe des Kotes verflüssigt. Der gesamte reduzierte Stickstoff organischer Verbindungen wird als Ammoniak entzogen und geht in entsprechende Verbindung mit Schwefelsäure über. Durch Alkalizusatz kann das Ammoniak wieder befreit, distilliert und titrimetisch bestimmt werden.

Tanninlösung wird zum Ausfällen von Eiweißstoffen aus Lösungen oder zur Verhinderung von Eiweißlösungen bei Auswaschungen verwendet. Für die Arbeiten mit Kot empfiehlt sich die von Uffelmann und Blauberg empfohlene Lösung: 20 g Tannin, 37,5 ccm Eisessig, 400 ccm Alkohol werden auf 1000 ccm aufgefüllt. Dieselbe fällt bei reichlicher Anwesenheit von Kochsalz (halbe Sättigung) genuine Eiweißkörper, Albuminate und Albumosen, nicht aber amidische und peptonartige Körper. Wo Tannin Eiweißkörper und Dextrin trennen soll, darf der Alkoholgehalt nicht so hoch genommen werden, daß Dextrin ebenfalls ausfällt.

Neutrale Flüssigkeiten.

Neutrale Zusätze zum Auszugswasser sollen entweder die Zersetzung behindern oder die Löslichkeit bestimmter Stoffe beeinflussen oder die Schichtung zur Ausschüttelung ermöglichen.

Chloroformwasser oder *Thymolwasser* entspricht im wesentlichen dem einfachen wässrigen Auszug, und da beide kalt verwendet werden, dem kalten wässrigen Auszug. Beide Flüssigkeiten sind zum Auszuge eventueller Enzyme aus dem Kote empfohlen.

Da auch in Glyzerin sich die Fermente lösen und von Alkohol ausgefällt werden, so eröffnet sich im Glyzerin oder Glyzerinwasser ein weiterer Weg, um eventuelle Fermente auszuziehen.

Mit dünnem Salzwasser in der Kälte zieht Biedert nach dem Auszuge mit distilliertem Wasser zur Entfernung der Albumine und Globuline vor der Caseinbestimmung aus. Die Körpersäfte sind ja immer dünne Salzlösungen, und auch die wässrigen Kotauszüge sind faktisch immer dünne Salzwasserauszüge, da für den ersten Auszug mit distilliertem Wasser der eigene Bestand des Kotes an Salzen in Betracht kommt. Genuine Globuline sind nur in verdünntem Salzwasser, aber nicht in distilliertem Wasser löslich. Auch für die obigen Auszüge mit Chloroformwasser, Thymol und Glyzerinwasser empfiehlt sich ein geringer Salzzusatz.

Gesättigte Kochsalzlösung hält gewisse Eiweiße von der Lösung ab; sie gibt außerdem geeignete Lösungen, um bei Ausschüttelungen gute Schichtung zu erhalten. Außer Chlornatrium wären auch Glaubersalz und Zinksulfat in Betracht zu ziehen.

Eine wässrige Lösung von 10prozentigem Trinatriumphosphat löst nach Sichler*) in der Temperatur siedenden Wassers, d. h. also auf dem Wasserbad in 10 bis 20 Minuten Casein und verwandte phosphorreiche Eiweißstoffe. Es wurde darum in einer Anzahl von Fällen mit dieser Lösung eine halbe Stunde auf dem Wasserbade ausgekocht und der erhaltene Auszug mit Tannin gefällt. In der Fällung wurde nach Kjeldahl Stickstoff bestimmt.

Der Stickstoff der erwähnten Tanninfällung wird als Stickstoff der Casein- und Nukleingruppe betrachtet. Die Caseine können aber auch schon wieder durch Ansäuerung mit Salzsäure zur Ausfällung gebracht werden.

*) Pharmac. Zentralhalle, 1905, S. 93.

Die Anwendung von Sodalösungen wird unter den alkalischen Zusätzen betrachtet.

Mit Thiosinamin und Wasser kann eine große, scharf begrenzte Gruppe von Eiweißkörpern quantitativ bestimmt werden. Die Kontrollprüfungen des Stickstoffgehaltes des Kotes lieferten vom gleichen Kot in verschiedenen Laboratorien verschiedene Befunde, so daß von Anfang an von Verwertung der Stickstoffbestimmungen Abstand genommen werden mußte. Auch die Angaben in der Literatur ließen vorerst im Stiche, so daß ich erst 1905 und 1906 mit mehr Erfolg zu brauchbaren und klaren Stickstoffbestimmungen zurückkehren konnte. Bis dahin hatte ich im Thiosinaminauszug für die Praxis ein brauchbares Eiweißmaß; die Methode ist folgende:

Ein abgewogener Teil des frischen Kotes wird mit einer warmen, gesättigten, wässrigen Thiosinaminlösung angerührt. Auf ungefähr 10 g frischen Kotes genügen 2 g Thiosinamin. Die Masse wird auf dem Wasserbade zwei Stunden digeriert. Nach Art des Kaffeeaufgusses wird dann die Masse mit siedendem Wasser ausgezogen. Der Auszug wird filtriert, was in der Kälte übermäßig lange Zeit in Anspruch nimmt, so daß Aufgießen und Filtrieren am geeignetsten vereinigt wird und heiß erfolgt. Das Filtrat wird eingeengt. Es enthält nun die Albumine und ähnliche Stoffe in wässriger Thiosinaminlösung, aus welcher dieselben am zweckmäßigsten mit Tanninlösung ausgefällt werden. Sie werden mehrere Male mit Alkohol ausgewaschen. Durch direkte Wägung werden die getrockneten Tanninverbindungen dieser Eiweißstoffe bestimmt.

Rosenberg*) hat diese Methode nachgeprüft und gefunden, daß sie für Muskel- und Bindegewebesubstanz,

*) Archiv für Verdauungskrankheiten, 1905, XI. Bd., 4. Heft, S. 321—323.

was ich selbst schon immer betont habe, versagt. Die lösende Wirkung für koaguliertes Hühnereiweiß bestätigt auch Rosenberg, ebenso daß die entstehenden Lösungen noch alle Eiweißreaktionen geben und selbst wieder mit Esbachreagens ausgefällt werden können. Gerade letztere Eigenschaft kann für den praktischen Arzt sehr wertvoll erscheinen. Die Untersuchungen von Mohr*) ergeben, daß die Temperatur über 60° C betragen muß. Doch hat Mohr gezeigt, daß die lösende Wirkung erst in dieser Temperatur erfolgt, da freies Ammoniak abgespalten wird. Im Kot ist aber von Anfang an, also auch bei niederen Temperaturen, freies Ammoniak vorhanden. Trotz der Gleichartigkeit der Befunde von mir**), Rosenberg und Mohr ist die Methode sehr verschieden gewertet, d. h. von mir empfohlen und von Rosenberg verworfen, während schon vorher Kobert***) erklärte, daß über meine eigenartige Methode der Eiweißbestimmung die Meinungen sehr auseinander gehen werden. Praktisch ist die Methode mit Thiosinamin für die Kotchemie in großen Untersuchungsreihen als brauchbar bewährt, soweit nicht zu ganz speziell vereinbarten Methoden der Stickstoffbestimmung im Interesse allgemeiner Verständigung übergegangen werden muß.

Außer Thiosinamin besitzt Harnstoff und Thiobarnstoff ähnliche Eigenschaften. Ich†) hatte darauf hingewiesen und auch auf die entsprechende lösende Kraft des Allylsenföles. Außerdem hat auch Ramsden††) die eiweißlösenden Eigenschaften einer konzentrierten Harnstofflösung beschrieben. Mohr hat dann wiederum Thio-

*) Deutsche Ärztezeitung, 1906.

**) Pharmac. Zentralhalle, 1902, Nr. 1.

***) Die medizinische Woche, 1903, Nr. 18.

†) Berichte der pharmac. Gesellschaft, 1903.

††) Proced. Physiol. Societe, referiert im Pharmac. Weekblad, 1904, S. 79.

sinamin, Thioharnstoff und Harnstoff vergleichend geprüft. Gefällt wurde der Thiosinaminauszug entweder mit Alkohol oder mit Tanninlösung. Nach Rosenberg ist auch Esbachs Reagens dazu geeignet. Der Thiosinaminauszug enthält gleichzeitig Stoffe der Dextringruppe, weshalb das Fällungsmittel genau vereinbart werden muß. Denn Alkohol fällt auch die Dextrine.

Basische Flüssigkeiten.

Mit verdünnter Natronlauge gehen in der Kälte Mucine, die meisten Albumine, das Casein, fast alles Paranuklein, die Nuklecalbumine und die Nukleine in Lösung. Biedert benützte die Natronlauge zur Caseinbestimmung, indem er mit distilliertem Wasser, verdünntem Salzwasser und verdünnter Salzsäure zuvor andere Eiweißkörper aus dem frischen Kote zu beseitigen suchte. Eine ganz exakte Bestimmung ist dies nicht; sie ist aber durch Biederts Autorität ziemlich allgemein bei den Kinderärzten gebräuchlich. Da nämlich das Casein von Salzsäure gefällt wird, enthält die schließliche Lösung nur einen Rest des Caseins, der je nach der Salzsäureeinwirkung bald größer, bald kleiner ist. Im filtrierten Biedertschen Auszuge fällt durch Essigsäure ein starker Niederschlag. Was sich im Überschuß von Essigsäure wieder lösen läßt, betrachtet Biedert als Casein und Paranuklein. Dies wird aus dem Filtrat durch Tanninlösung gefällt und gewogen und als Casein und Paranuklein angegeben. Es sind aber auch die Nukleoalbumine und Nukleine enthalten, während umgekehrt durch Natronlauge nicht alles Paranuklein in Lösung geht. Der Fällungsrückstand, der bei übermäßiger Essigsäure bleibt, wird von Biedert als Mucin bestimmt.

Mit verdünnter Natronlauge in der Hitze wird die stärkste alkalische Einwirkung auf den Kot

ausgeübt, so daß mit verdünnter Schwefelsäure und verdünnter Natronlauge bis auf Rohfaser und gewisse schwerlösliche Mineralstoffe alles gelöst werden kann. In der Natronlauge (oder auch in entsprechender Sodalösung) sind Haemoglobinabkömmlinge löslich. Zur Unterscheidung von organischem und anorganischem Eisen des Kotes kann das Eisen des Natronauszugs im Verhältnis zum Gesamteisen der Asche bestimmt werden. Ein anderer Weg ergibt sich in der Bestimmung des Eisens des alkoholischen Auszugs.

Bei intensiver Auskochung mit Kalilauge wird entsprechend dem Mayrhoferschen Verfahren die Stärke des Kotes, einschließlich präformierter Dextrine, gelöst, durch Alkohol gefällt und so nach Gewicht bestimmt. Das Verfahren von Simon in Karlsbad*) zur quantitativen Bestimmung von Zellulose im Kot beruht darauf, daß die Konzentration des Ätzkali erhöht und dadurch die Lösungsfähigkeit noch über die Stärke bis zu einem großen Teile der Zellulose ausgedehnt wird. Simon löst den Kot in 50prozentiger Kalilauge im kochenden Wasserbade und fällt die Zellulose durch das halbe Volumen 96prozentigen Alkoholes wieder aus. Um nicht durch die Fette und Seifen behindert zu sein, läßt Mayrhofer vor der Auskochung mit wässriger Kalilauge durch alkoholische Kalilauge auskochen. Für die Kotanalyse wird statt dessen zweckmäßig von dem Rückstand des Ätherauszugs ausgegangen. Der Rückstand wird mit wässeriger Lauge ausgekocht; dadurch wird Stärke usw. verkleistert in Lösung gebracht. Nach Ansäuerung mit Essigsäure wird durch Alkohol gefällt und die Fällung als Stärke betrachtet und gewogen.

Stoffe der Fettgruppe werden durch den Alkoholauszug und die Alkoholfällung oder auch durch den

*) 21. Kongreß für innere Medizin in Leipzig, 1904, nach Wiener klinische Wochenschrift, 1904, S. 638.

Ätherauszug vermieden. Ob aber die Eiweißgruppe in allen Vertretern vermieden wird, ist mir vorerst fraglich. Es müßte für die Kotuntersuchung erst mit Tannin und dann mit Alkohol gefällt werden.

Natron, Kali und Soda kommen in ausgedehntem Maße zur Weiterverarbeitung des Ätherauszugs in Betracht. Die Ätherauszüge verschiedener Herstellung werden allgemein bei eingehenderer Analyse chemischen Charakters darauf verarbeitet, ob die Stoffe höhere Alkohole oder Säuren und Säureester sind, d. h. es wird zerlegt in Stoffe, welche 1. überhaupt keine Verbindungen mit Alkalien eingehen, 2. in Stoffe, welche mit kohlensauren Alkalien oder Ätzalkalien schon in der Kälte, und 3. in Stoffe, welche mit Ätzalkalien erst bei anhaltender Siedehitze reagieren. Die erste Gruppe umfaßt höhere Alkohole, die zweite freie Fettsäuren und die dritte Fettsäureester, d. h. Verbindungen von Fettsäuren mit Glyzerin und anderen Alkoholen. Die Zahl für Gruppe 1 wurde bis einschließlich 1906 nur als Differenzzahl, und die Summe von Gruppe 2 und 3 durch Wägung der zurückgewonnenen Fettsäuren erhalten. Die Trennung von Gruppe 2 und 3 erfolgte durch proportionale Rechnung. Es wurde die jeweils gefundene Mittelzahl mit der ermittelten Menge Alkali, das zur Bindung verbraucht wurde, multipliziert. Diese Berechnung ist an und für sich nicht ganz genau. Wesentlich ungenauer ist die übliche Berechnung der gespaltenen und ungespaltenen Fette, wenn die Existenz der Gruppe der höheren Alkohole überhaupt nicht beachtet wird.

Eine genaue Trennung von freien Fettsäuren und Fettsäureverbindungen ist möglich durch Alkoholauszug des Ätherauszugs, da Alkohol freie Fettsäuren, aber keine Neutralfette und andere Fettsäureester löst. Ein zweiter Weg ist möglich, wenn schon von vornherein erst mit Alkohol nach Rosenfelds Vorgang aus-

gezogen wird. Ein dritter Weg ist die Ausschüttelung nach der Neutralisation in der Kälte durch Äther, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff oder Benzin, da die Seifen in der wässerigen Lösung bleiben und die Neutralfette und anderen Ester in die Ausschüttelungsflüssigkeit übergehen. Aber alle diese Abänderungen können niemals völlig genaue Ergebnisse liefern, da die Seifen und freien Fettsäuren stets einen kleinen Teil anderer Stoffe löslich machen und umgekehrt stets in den Alkoholen und Neutralfetten zähe kleine Reste von Seifen festgehalten werden. Eine weitere Fehlerquelle ergibt sich daraus, daß Säuren der Milchsäuregruppe enthalten sind, die wasserlöslich sind, und weiter auch Oxyfettsäuren der Cholalsäuregruppe, die gleichzeitig höhere Alkohole und Fettsäuren sind.

Die allgemeinste Verarbeitung der Ätherauszüge, um wenigstens einem Teil von vorstehenden Forderungen nach näherer Untersuchung gerecht zu werden, ist folgende: Die Acidität des Ätherauszugs wird durch Titration bestimmt. Es wird alkoholische Kalilauge im Überschuß zugesetzt, auf dem Wasserbade verseift, zurücktitriert und mit heißem Wasser alles Lösliche gelöst. Diese abfiltrierte Seifenlösung wird mit Säure im Becherglas versetzt. Die Fettsäuren werden dadurch frei und sammeln sich als schwimmende Schichte auf dem Wasser. Durch Absaugen können sie im Goochschen Tiegel gewonnen werden, oder sie können durch Ätherausschüttelung aus dem Wasser und dann durch Verdunstung des abgetrennten Äthers zur Wägung gewonnen werden.

Den Ammoniakauszug benützte Micko zur Caseinbestimmung. Während aber Biederts Gewinnung mit Natronlauge mit frischem Kote ausgeführt wird, wird für Mickos Gewinnung der Kot zuvor getrocknet und entfettet. Der Rückstand des Ätherauszugs wurde mit Wasser zum Aufquellen gebracht und mit Ammoniak

ausgezogen. Der Auszug wurde stark mit Essigsäure angesäuert. Es sollen hier aber Mucin, ein Teil der anderen Eiweißstoffe, vor allem Nukleoalbumine und Nukleine in das Caseinergebnis eingeschlossen sein. In den Ammoniakauszug geht auch das Hydrobilirubin über. Zur quantitativen Bestimmung desselben wird mit schwach ammoniakalischem Wasser ausgezogen; eine andere Bestimmung dieses Körpers wird durch Auskochen mit Barytwasser ausgeführt. Mohr*) ist geneigt, auch die lösende Wirkung des Thiosinamin auf abgespaltenes Ammoniak zu beziehen, da die lösende Wirkung erst bei entsprechender Hitze, alkalischer Reaktion und auch bei Thioharnstoff und Harnstoff eintritt. Anderseits wirkt auch Allylsenföl, das keinen Ammoniakrest enthält, ebenso.

Kalkwasserauszüge, die in der Kälte aus frischem Kote bereitet werden, enthalten mehrere Eiweißstoffe, welche durch Ansäuerung mit Essigsäure gefällt werden können. Der im Überschuß der Essigsäure unlösliche Teil, der auch bei der Caseinbestimmung Biederts im Rückstand bleibt, wurde früher allgemein als Mucin gedeutet und benannt. Glatzky hat nachgewiesen, daß dieser Stoff phosphorhaltig ist und ein Glukoproteid oder Nukleoproteid darstellt, und daß der Kot gar keinen echten Schleim, d. h. Mucin, enthält. Es muß dieser Stoff also als Mukoid benannt werden. Das gleiche Verfahren wird zum Nachweis von Nukleinen benützt. Es würde aber auch die Paranukleine enthalten. Es sind dies jene Stoffe, welche im Überschuß der Essigsäure löslich sind; daher können auch positive Resultate mit der Essigsäureauskochung von Jaksch für angebliche Albumine erhalten werden. Kalkmilch und Wasser wird auch zur Bestimmung von Bilirubin verwendet.

---

*) Deutsche Ärztezeitung.

Mit Barytwasser wird ausgekocht zur Bestimmung des Hydrobilirubin. Aus den echten Fettsäuren entstehen bei dieser Auskochung unlösliche Erdseifen, während die Verbindungen der Cholalsäure und der Glyzerinphosphorsäure mit Baryt in heißem Wasser löslich sind. Auch milchsaurer Baryt und bernsteinsaurer Baryt sind löslich. Somit ist der Barytwasserauszug zu weiteren Untersuchungen geeignet. Um aber nicht eine zu große Menge von Stoffen vor sich zu haben, und da die wichtigsten fraglichen Stoffe, welche durch Baryt getrennt werden können, ätherlöslich sind, so wird vielleicht zweckmäßig mit Ausnahme der Hydrobilirubinbestimmung in angedeuteter Weise mit Ätherauszug und Barytwasser gearbeitet.

Alkohol und Verwandte.

Im alkoholischen Auszug sind eine große Reihe von Kotstoffen löslich; ein Teil derselben ist in Äther löslich, ein Teil hingegen nicht. Außerdem ist ein Teil nur in heißem, ein Teil aber auch in kaltem Alkohol löslich. Der Auszug muß aber stets durch Auskochen mit Rückflußkühlung hergestellt werden. Wird möglichst frisch filtriert, so werden auch noch die heiß löslichen Stoffe gewonnen. Wenn die Abkochung erst einige Stunden abgekühlt steht, werden nur die kalt löslichen Stoffe gewonnen. Einigen Einfluß hat auch die Stärke des Alkohols; es kann Alkohol von 90, 50 oder 20 % zur Verwendung gelangen. Ich ließ, wo nichts anderes angegeben ist, Alkohol von 50 % verwenden. Die Auskochung muß zur Erschöpfung mehrere Stunden dauern. Nach dem Auskochen wird die Gesamtmasse in einen Meßzylinder gegossen, bis zur nächsten, leicht berechenbaren Marke mit weiterem Alkohol aufgegossen, gut gemischt und nach wenigen

Minuten begonnen, das Überstehende zu filtrieren. Es wird zur weiteren Verarbeitung nur ein aliquoter Teil, z. B. $^2/_3$, filtriert und entsprechend berechnet. Die Alkoholauszüge gehören zu jenen Auszügen, die sich nur mit Mühe filtrieren lassen. Also ist ein Auszug dessen, was Alkohol nur in der Hitze löst, praktisch nicht möglich.

Vorbereitend aus frischem Kot wird der alkoholische Auszug von Hoppe-Seyler empfohlen, bevor man die flüchtigen Säuren durch Distillation gewinnt. Es gelangt dann die angesäuerte alkoholische Auskochung zur weiteren Distillation. Der kalte alkoholische Auszug enthält einen Teil der präformierten anorganischen Bestandteile des Kotes, während ein anderer Teil in verdünnter Essigsäure und ein Teil in Salzsäure löslich ist. Der Alkoholauszug ist sehr reich an Eisen, da alles Eisen in denselben übergeht, das vom Blutfarbstoff abstammt. Es ist dies ein Weg zur Scheidung organischen und anorganischen Eisens. Der alkoholische Auszug ist zur Bestimmung des Koprosterin, der Cholalsäure, der Glykocholsäure und Taurocholsäure und des Leucin sowie Tyrosin empfohlen. Die beiden letzteren kristallisieren beim Verdunsten des Alkohols aus und werden im mikroskopischen Bilde nachgewiesen. Da Leucin und Tyrosin nicht in Äther löslich sind, so kann zu ihrer Bestimmung vorteilhaft der Rückstand des Ätherauszugs verwendet werden. Der heiße alkoholische Auszug aus dem unveränderten Kote enthält Erdseifen und das gesamte Cholesterin. Beides fällt beim Erkalten aus. Zur Fettbestimmung nach Rosenfeld wird der frische Kot mit Sand gemischt und mit Salzsäure und Alkohol ausgekocht, wodurch die Seifen und freien Fettsäuren als Fettsäuren ausgezogen werden. Der Rückstand wird mit Chloroform erschöpft zur Gewinnung der Neutralfette. Wahrscheinlich bleibt beim Salzsäure-Alkoholauszug die Cholalsäuregruppe ungelöst

zurück. Um die Menge des Auszugs zu bestimmen, muß die Salzsäure erst verjagt werden. Es wird darum der Auszug erst mit Ammoniak neutralisiert und dann zur Trockene verdampft.

Qualitative Reaktionen sind im alkoholischen Auszug schwer ausführbar, da derselbe eine hohe Menge von Farbstoffen enthält. Salzsäurealkohol als Zusatz zum frischen Kot vor der Trocknung wird von jenen Nachfolgern Friedrich Müllers verwendet, die nach der Trocknung in einem einzigen Ätherauszuge Neutralfette, Fettsäuren und Seifen bestimmen wollen. Es ist dies eine vorbereitende Einwirkung zum Aufschließen. Da Fettsäuren im Alkohol löslich sind, so werden zur Aciditätsbestimmung des gewogenen und getrockneten Ätherauszugs auf je 1 g 100 ccm Alkohol zugesetzt, geschüttelt und auf dem Wasserbade erwärmt. In dieser Alkohollösung wird die Acidität mit Kalilauge oder Sodalösung und Phenolphthalein als Indikator titriert. Es läge nahe, den Alkoholauszug abzugießen vor der Titration; aber erneute Alkoholauszüge erwiesen sich durch das eigentümliche Verhalten von Stoffen der Cholalsäuregruppe immer noch als sauer, so daß die Titration nur in der Flüssigkeit ausführbar erscheint, die über dem unlöslichen Rückstand steht. Für die Nahrungsmittelchemie ist vorgeschrieben, entweder den Ätherauszug wieder mit Äther lösen und mit alkoholischer Lauge zu titrieren oder in gleichen Teilen Alkohol und Äther zu lösen und mit wässeriger Lauge zu titrieren. In Neuenahr wurde früher statt Kalilauge Sodalösung verwendet. Wenn mit Alkohol angefeuchtet ist, so tritt nach einer bestimmten Menge Lauge Phenolphthaleinfärbung auf und verschwindet beim Stehen wieder. Dieser Punkt darf nicht notiert werden, sondern erst der Eintritt der konstanten Phenolphthaleinfärbung.

Wiederholte Auskochung mit stärkstem Alkohol

führt zur Sterkobilinbestimmung. Sterkobilin ist zwar in Wasser, Alkohol und Äther löslich und läßt sich angeblich aus wässrigen Lösungen durch Äther entziehen. Es sollte theoretisch angenommen werden, daß der Ätherauszug alles Sterkobilin enthielte. Der Ätherauszug ist aber nach den bisherigen Beobachtungen nicht zum quantitativen oder auch qualitativen Nachweis des Sterkobilin geeignet. Nur durch wiederholtes Auskochen mit stärkstem Alkohol bis zur Farblosigkeit des Alkohols kann das Sterkobilin quantitativ gelöst werden. Auch dem wässrigen Auszug, der nur einen Teil des Sterkobilin enthält, oder auch der Fällung des wässrigen Auszugs mit Phosphorwolframsäure kann zur Reinigung mit heißem Alkohol ohne Verlust von eventuellen Albumosen das Sterkobilin nach Ury entzogen werden.

Eine Mischung von Alkohol und Äther zieht ebenfalls die Gallenfarbstoffe und ihre Abkömmlinge quantitativ aus.

Schwefelsäurehaltiger Alkohol wird als Auszugsmittel zum Nachweis von Cadaverin und Putrescin verwendet.

Methylalkohol ist ein gutes Lösungsmittel für die meisten Zuckerarten, während dieselben im Äthylalkohol meist unlöslich sind. Darum müßten, soweit es sich um abspaltbare Zuckerarten im Kote handelt, Auszüge mit Methylalkohol vorgenommen werden. Dieselben werden teils direkt aus frischem Kote, teils nach dem Auszug mit Äthylalkohol aus frischem Kote oder nach dem Ätherauszug aus getrocknetem Kot gefertigt.

Neutrale oder alkalische Alkoholzusätze sind meines Wissens für die Kotuntersuchung nicht verwendet worden, mit Ausnahme der alkoholischen Kalilauge, die im Mayrhoferschen Verfahren empfohlen ist, aber für die Stärkebestimmung gerade im Kote umgangen werden kann.

Die wichtigsten und am häufigsten ausgeführten

Auszüge aus dem Kote sind die Ätherauszüge. Der Ätherauszug, der aus frischem Kote von Biedert versucht und empfohlen worden war, muß als ungeeignet bezeichnet werden. Der frische Kot enthält entweder zuviel oder zuwenig Wasser. Um als Auszug zu wirken, kann der Äther in dem klebrigen, wässrigen Gemische zu vielen kleinen Fetteilchen nicht gelangen. Ebenso kleben die kleinsten Teile, von wässrigen Hüllschichten durchsetzt, allzusehr aneinander, als daß eine Ätherausschüttelung zu brauchbaren Resultaten führen könnte. Es muß darum vor dem Ätherauszug getrocknet oder vor der Ätherausschüttelung mit Wasser oder einer wässrigen Salzlösung verdünnt werden. Bisher sind diese Ätherausschüttelmethoden für den Kot nicht im Gebrauch; für die Milch hingegen sind aber schon verschiedene Modifikationen in Anwendung. Neue Methoden gewinnen den Äther stets wieder zurück und lassen ihn immer wieder aufsteigend durch die wässrige Säule vom Kot streichen. Ob diese Ausätherung für den Kot verwendbar ist, muß erst die Zukunft und der wiederholte praktische Versuch zeigen.

Außer durch Trocknung kann die Entwässerung des frischen Kotes auch durch mehrmaligen Auszug von hochprozentigem Alkohol geschehen. Der Alkohol entzieht schon die freien Fettsäuren und einen Teil der Lipoide. Der Rückstand ist aber nun so wasserarm und enthält noch alle Neutralfette, daß ein Ätherauszug zur Bestimmung der letzteren im Soxhletapparat vorgenommen werden kann. Aber auch dafür ist technisch eine Trocknung nach der Alkoholauskochung empfehlenswert. Danach wird also der Ätherauszug stets aus getrocknetem Kote teils mit, teils ohne Vorbereitung ausgeführt. Der Ätherauszug erfolgt zweckmäßig stets im Soxhletapparat.

Ein Teil der Forscher trocknete zum Zweck des Ätherauszugs den frischen Kot schon unter Zusatz

von Sand und Salzsäure, z. B. van der Scheer. Es sollen dadurch die präformierten Erdseifen gespalten werden und der Gesamtbestand des Kotes an Fettsäureverbindungen im Ätherauszug gewonnen werden. Unter der Annahme, daß in den Ätherauszug keine mineralischen Säuren übergehen, was bei Nachprüfung als wahre Annahme befunden wurde, wird nach Verjagung des Äthers und Feststellung des Extraktgewichtes mit Phenolphthalein als Indikator die Acidität durch Titration mit viertelnormaler*) alkoholischer Kalilauge bestimmt. Die Säure wird nach dem Vorgange von Friedrich Müller durch Multiplikation mit 0,0284 als Stearinsäure berechnet und der Rest als Neutralfette angesehen. Wenn die gefundene Zahl für Stearinsäure als Prozente des gesamten Ätherauszugs berechnet wird, so ergibt dies (Ranciditätsgrad) den Grad der Fettspaltung. In vorstehender Weise sind die meisten modernen Kliniker bei den Fettspaltungen aus dem Kot vorgegangen. Für die klinischen Bedürfnisse können auf diese Art brauchbare Zahlen zur Beurteilung des Stoffwechsels gewonnen werden, um so mehr, als die Einbürgerung dieser Methode in letzter Zeit mehrfach brauchbares Vergleichsmaterial beschafft hat. Chemisch sind die Voraussetzungen für diesen primär angesäuerten Ätherauszug falsch, wie an anderer Stelle ausgeführt wurde. Außerdem muß beachtet werden, daß durch die Einwirkung des angesäuerten Alkohols eine ganze Menge ursprünglich ätherlöslicher Stoffe in Äther unlöslich wird. Die Weiterverarbeitung auf verseifbaren und unverseifbaren Anteil erfolgt wie bei den übrigen Ätherauszügen.

Ein anderer Teil der Forscher trocknete nur mit Sandzusatz ohne Ansäuerung vor dem Ätherauszug. So sind nach den Angaben der Literatur auch

*) Es ist dies also 1,4 prozentige Kalilauge.

die früheren Arbeiten von Friedrich Müller vorgenommen. Auch in diesem Auszug wird titrimetrisch die Acidität bestimmt, nach Friedrich Müller als Stearinsäure durch Multiplikation mit 0,0284 berechnet und der Rest des Gesamtauszuges als ungespaltene Fette angesehen. Außerdem kann der Auszug in verseifbaren und unverseifbaren Anteil zerlegt werden. Für spätere eingehendere Untersuchungen wird diese Zerlegung allein nicht mehr genügen. Im unverseifbaren Anteile können Koprosterin und Lecithinreste unterschieden werden, was praktisch wohl seltener in Frage kommt. Wichtiger wird es werden, die echten Fettsäuren von den Oxyfettsäuren zu trennen; denn die echten Fettsäuren und ihre Verbindungen sind nach den bisherigen Anhalten Verluste des Stoffwechsels meist wohl aus ungenügender Ausnützung der Nahrung. Die Oxyfettsäuren, deren Hauptvertreter die Cholalsäure ist, sind Halbverbrennungsprodukte und damit minderwertig gewordene Exkretionsstoffe des Körpers. Die Trennung kann dadurch erfolgen, daß die arytsalze der echten Fettsäuren in Wasser unlöslich, die der Cholalsäuregruppe aber löslich sind. Außerdem sollte Jodzahl, Refraktion und Schmelzpunkt des Ätherauszugs zur näheren Erkenntnis des Fettgemisches festgelegt werden.

Nach dem Auszug ohne Ansäuerung kann nochmals mit Zusatz von salzsäurehaltigem Alkohol eingetrocknet und mit Äther ein zweiter Auszug gewonnen werden. Friedrich Müller betrachtet diesen Auszug als die frei gewordenen Fettsäuren der Erdseifen, was aber nicht zutrifft. Er addiert darum das Ergebnis des zweiten Ätherauszugs zur rechnerisch erhaltenen Stearinsäure des ersten Auszugs. Diese Summe bringt er in Berechnung als Prozente der Summe beider Ätherauszüge und nennt dies Grad der Fettspaltung. Die oben erwähnte Berechnung aus anfänglich angesäuertem ergibt aber nicht mit diesem

doppelten Auszuge sich deckende Ergebnisse. Der zweite Ätherauszug kann auch auf verseifbare und unverseifbare Anteile und weiter untersucht werden.

Beim Trocknen des frischen Kotes mit Säurezusatz oder des Ätherauszugsrückstandes mit Säurezusatz entwickeln sich sehr unangenehme, durchdringende, haftende Gerüche, welche eine häufige Ausführung unmöglich machen. Zudem ist die Menge dieses Auszugs, der mehr Arbeit als der erste Auszug verursachen würde, stets gering, so daß die fast immer nahezu zutreffende Einsetzung von $^1/_5$ des ersten Auszugs als gekürzte Bestimmung für praktische Zwecke ausreicht. Für die Ansäuerung ist aber vielleicht eine andere Säure, z. B. Phosphorsäure, empfehlenswerter. Es könnte dann mit Phosphorsäure, wenn sie sich bewährt, oder einer anderen Säure auf die alten Versuche, mit Säure aufzuschließen, zurückgegangen werden. Die Einwirkung mit Salzsäure und Alkohol dürfte aber kaum für die Zukunft der Koprologie bestehen bleiben.

Petroläther wurde an Stelle des Äthyläthers ungefähr zum Auszug der gleichen Gruppe versucht. Es macht sich der wesentlich höhere Siedepunkt insofern geltend, als zur Erschöpfung auf dem Wasserbade mit Petroläther wesentlich längere Zeit als mit Äthyläther nötig wäre. Solange also nicht mit wesentlich höherer Temperatur, z. B. in einem entsprechend adaptierten Tiegeltrockner, gearbeitet werden kann, muß Petroläther als Auszugsflüssigkeit für die praktische Kotuntersuchung außer Betracht bleiben. Für Ausschüttelungen dagegen wäre Petroläther vielleicht mehr in Betracht zu ziehen. Doch liegen meines Wissens in der Literatur keine entsprechenden Mitteilungen vor. Vielleicht könnte Petroläther auch nach der Verseifung des Ätherauszugs zur Ausschüttelung der durch Säure wieder befreiten Fettsäuren Verwendung finden.

Chloroformauszug noch zum Alkoholauszug und Vereinigung der Ergebnisse benützt Rosenfeld zur Fettbestimmung. Chloroform als Wasserzusatz wird zur Verhütung von Pilzwachstum und zur Erhaltung der Fermente verwendet.

Tetrachlorkohlenstoff ist ein neueres Ersatzmittel für Äther und Chloroform. Seine Verwendung ist wohl auch für die Kotuntersuchung brauchbar, doch sind bis jetzt noch keine entsprechenden Versuche angestellt oder veröffentlicht. Er*) siedet bei 77—78° C., ist nicht explosiv, noch brennbar und wird von der Fabrik Elektron in Griesheim hergestellt.

Essigäther ist ein sonst viel gebrauchtes Lösungsmittel; in der Kotchemie scheint er aber noch nicht verwendet.

Von Glyzerin gilt das gleiche; Glyzerinwasser ist aber schon verwendet worden.

Damit sind die Möglichkeiten für die chemische Aufarbeitung des Kotes zur Feststellung seiner Zusammensetzung nicht erschöpft. Es gibt noch sehr viele, längst bekannte chemische Einwirkungen, die ebenfalls für die Untersuchung des Kotes mit Nutzen verwendet werden können. Dazu kommen fortgesetzt neue Untersuchungsmethoden, die für die Kotuntersuchung angepaßt werden können. Es sind auch im Vorstehenden häufig entsprechende Hinweise eingefügt worden. Im übrigen sind aber, so gut es möglich war, alle gebräuchlichen und praktischen chemischen Arbeiten am menschlichen Kote übersichtlich zusammengestellt.

*) Pharmac. Praxis, 1905, S. 47.

Anhang.

Die chemischen Bestandteile des Kotes.

Die chemische Zusammensetzung des Kotes wechselt bei verschiedenen Menschen und sogar beim selben Menschen scheinbar ungemein. Denn sowohl die wechselnden Einflüsse in der Breite der gesunden Lebenstätigkeit als auch krankhafte Zustände des Körpers haben Einfluß auf die Kotzusammensetzung.

Der Eintritt des Dranges zur Kotentleerung ist von einer Reihe von Umständen abhängig. Er kommt nicht zustande, wenn nicht die Bauchmuskeln und das Zwerchfell in Tätigkeit treten können, also nicht vor der Geburt des Kindes, obwohl der Darm schon Ausscheidungsstoffe enthält. Es muß aber auch die Füllung des letzten Darmabschnittes einen bestimmten Grad erreicht haben und die Zusammensetzung des Inhalts einen gewissen Reiz ausüben. Entsprechender Mangel kann zum Teil durch beabsichtigtes Pressen ersetzt werden. Der gesunde Mensch mit gemischter Nahrung entleert täglich einmal in den Morgenstunden rund 90 g feuchten Kotes. Schon eine Verlegung auf Nachmittag oder Abend entspricht einer Störung des gesunden Verhaltens. Der entleerte Kot wird beim Austritt durch die Afteröffnung — es wird im folgenden nur vom Kot des gesunden Menschen gesprochen, so weit nicht ausdrücklich das Gegenteil angegeben wird —

in eine anfänglich etwas dickere rundliche Stange von 3—4 cm Durchmesser und 10—15 cm Länge geformt. Innerhalb des Darmes ist diese Formung noch nicht vorhanden. Fleischnahrung vermindert die Kotmenge. Pflanzennahrung veranlaßt die Darmwandungen sich rascher zu erneuern und ergibt dadurch eine größere Kotmenge. Wie alle anderen Körperausscheidungen sind zum großen Teil die Stoffe, welche in den Kot gelangen, hoch oxydiert. Doch sind es gerade die unvollständig oxydierten Abfallstoffe, welche vornehmlich in den Darm entleert werden. Hier tritt ein üppiges Wachstum von Bakterien ein, die wiederum einen großen Teil der Bestandteile des Kotes auf Kosten oxydierender Stoffe reduzieren. Diese Darmpilze fressen sich dann Generation für Generation nach einer anfänglich üppigen Entwickelung mehr und mehr gegenseitig auf. Über ein Drittel des Kotes — bei Diarrhoen noch mehr — besteht aus ungiftigen Darmpilzen, die bei Verstopfung aus obigem Grunde weit weniger werden. Die Trockensubstanz des Kotes enthält nahezu 90 % Kalorien gegenüber einer gleichen Menge gemischter Nahrung. Dies bewirken die reduzierende Arbeit der Pilze und die reichlichen Stoffe der Fettgruppe.

Wasserstoffverbindungen sind im Kot sehr reichlich und zwar meist als Wasser enthalten, das $^3/_4$ bis $^4/_5$ der Kotmasse beträgt. Vom Wassergehalt sind, soweit nicht Säure- und Alkalitätsgrad darauf Nebeneinflüsse besitzen, die Konsistenz des Kotes und die Formung abhängig, die einerseits bis zur dünnen Flüssigkeit erweichen, anderseits bis zur Knollenbildung erhärten kann. Die wechselnde Klebrigkeit des Kotes ist aber von Schleim und teilweise auch von Fetten abhängig. Das spezifische Gewicht der Kotmassen ist nach Entfernung aller Gasblasen höher als Wasser und nähert sich bei flüssiger Entleerung dem des Wassers. Es

beträgt beim gesunden Menschen 1,062. Bei hohem Gehalt an Fetten oder Gasblasen kann das Durchschnittsgewicht auch leichter wie Wasser werden und der Kot schwimmen. Durch Trocknung des Kotes bei 105—110° C. wird nur annähernd der Wassergehalt bestimmt, da ein Teil des Wassers als Kristallwasser in der Trockensubstanz zurückbleibt, ein Teil aber von den ausgetriebenen Gasen andere flüchtige Stoffe sind. Auf diesen flüchtigen Stoffen, vor allem Indol und Skatol, beruht auch der eigentümliche unangenehme Geruch des Kotes. Die Reaktion des Kotes ist in $^3/_4$ der Fälle auf Lackmus alkalisch, während die Auszüge mit Alkohol oder Äther stets auf Phenolphthalein sauer reagieren.

Abgesehen vom Wasser sind die meisten Bestandteile des Kotes Kohlenstoffverbindungen. Denn 86% der Trockensubstanz des Kotes sind durchschnittlich verbrennbar. Bei Milchgenuß kann der unverbrennbare Anteil auf das Doppelte steigen. Von den Aschenstoffen kann weniger als ein Achtel in Wasser gelöst werden. Denn der gesunde Körper scheidet die löslichen Verbindungen von Kali, Natron, Chlor usw. durch den Urin aus. Es ist immer schon ein Zeichen von Störungen im Körperhaushalt, wenn der Gehalt des Kotes an löslicher Asche steigt, während eine Steigerung der unlöslichen Asche günstig erscheint. Stets ist ein Teil der Kohlenstoffverbindungen als stickstofffreie oder stickstoffarme organische Verbindungen im Kot vorhanden, für die der Trockenrückstand des Alkoholauszugs ein ungefähres Maß ergibt. Er kann bis mehr als die Hälfte der Trockensubstanz betragen. Je geringer aber dieser Anteil ist, um so günstiger muß die Beurteilung des Gesundheitszustandes ausfallen, wenn anderseits dafür der Anteil steigt, der mit 10%iger Salzsäure ausgekocht werden kann. Bei schlackenfreier Nahrung sind beim gesunden Menschen 90% der

Trockensubstanz in verdünnter Salzsäure löslich. Die häufig beobachteten Reste von aufgenommener Nahrung, welche mit bloßem Auge oder unter dem Mikroskope gesehen werden, gehören auch hierher, sind nicht alkohollöslich, aber auch nicht salzsäurelöslich und ungünstig für den Gesundheitszustand. Sie finden sich bei Kranken in mehr als der Hälfte der Fälle. Meist handelt es sich um schlecht gekaute pflanzliche Reste und Ausfall der Speichelwirkung. Unverdauliche Stoffe, die aber der Mensch nur ausnahmsweise und in geringen Mengen aufnimmt, gehen natürlich auch beim Gesunden in den Kot über. Solche Stoffe sind manchmal sehr wichtig zur Feststellung der Schnelligkeit, mit der im einzelnen Falle die Fortbewegung im Darme verläuft. Denn ganz unabhängig von der Zwischenzeit der Entleerungen kann die Durchgangsgeschwindigkeit eine sehr verschiedene sein und wird damit die Zersetzung durch die Pilze in verschiedenem Grade ermöglicht. Für die letzteren Unterschiede ist meist die Arbeit des Dickdarms verantwortlich zu machen. Die Durchgangszeit beträgt durchschnittlich 26 bis 40 Stunden.

Kohlensäure, Oxalsäure, Glykolsäure und ähnliche Stoffe und ihre Verbindungen sind meist im Kot nur in Spuren vorhanden. Ein ständiger Bestandteil des Kotes ist die Cholalsäure. Freie flüchtige Fettsäuren sind nur ausnahmsweise und dann nur in kleinsten Mengen erweislich. Fette und fettähnliche Stoffe sind in jedem Kote, bei Gesunden weniger und bei Kranken reichlicher, vorhanden. Sie können manchmal schon unter dem Mikroskope oder selbst mit bloßem Auge nachgewiesen werden. Für die Beurteilung des Säuglingskotes werden sie hauptsächlich seit Biederts Vorgang beachtet. Ungefähr 14 % der Trockensubstanz sind beim gesunden Menschen in Äther löslich. Bei Ansäuerung des Rückstandes wird nochmals ungefähr ein Fünftel der vorigen Menge neuerlich in Äther löslich.

Daß eine Erhöhung der Gesamtmenge dieser Stoffe bei bedenklichen Krankheitserscheinungen vorkommt, ist längst erkannt und von allen Seiten anerkannt. Von den Stoffen des Ätherauszugs sind durchschnittlich 4,2 % freie verseifbare Säuren, einschließlich der Milchsäure und ähnlicher Stoffe, vor allem aber Cholalsäure und 5,4 % solche Stoffe in esterartigen Verbindungen, also den Neutralfetten zugehörig. 4,5 % sind unverseifbare Lipoide. Auch hier ergeben sich noch Unterschiede, je nachdem der Ätherauszug mit heißem Wasser ausgewaschen oder wäßrige Emulsion mit Äther ausgeschüttelt wird. Eine einfachere und in den Ergebnissen brauchbare Untersuchung ist es, den Säuregrad und andere Eigenschaften des Ätherauszugs direkt zu bestimmen und daraus weitere Zahlen abzuleiten. Durch Friedrich Müller wurde es allgemeiner Gebrauch auf diese Art die Fettspaltung zu berechnen, die bei Leber- und Gallenfehlern sehr hoch, bei Pankreasfehlern sehr niedrig zu sein pflegt. Die Hehnersche Zahl, Verseifungszahl, Esterzahl, die Zahl des Ranziditätsgrades, die Hüblsche Jodzahl, der Schmelz- und Erstarrungspunkt und die Refraktion des Ätherauszugs sind bis jetzt praktisch nur selten vermerkt.

Eine besondere Gruppe von Kotstoffen, die meist aus Nahrungsresten stammt, bilden die Kohlehydrate. In der Literatur werden dafür häufig feste Zahlen angegeben, die durch Differenzrechnung gewonnen sind. Sie ergeben ungefähr 18 % für den gesunden Menschen, wenn der Verlust durch flüchtigen Stickstoff vernachlässigt wird, bei entsprechender Beachtung aber 26 %. Doch sinkt diese Zahl für den gesunden Menschen auf 0 oder fast 0 % herab, wenn der hohe Gehalt des Trockenkotes an Kristallwasser beachtet wird. Sie nimmt erst positive Werte bei Genuß unverdaulicher Nahrung, aber auch bei Störungen der Verdauungsorgane an. An Kohlehydraten werden im Kot Rohfaser, lösliche

Zellulose, Stärke, Dextrine und verschiedene Zuckerarten unterschieden und können vorkommenden Falles einzeln nach Menge bestimmt werden. An pflanzlichen Geweben, die daraus aufgebaut sind, werden Spiralgefäße, Steinzellen, Haare, Epidermiszellen, Spelzen, Hülsen und Fasern im Kote gefunden. Durchschnittlich nahezu 3 % der Kottrockensubstanz können als reduzierende Stoffe durch Inversion aus den Schleimstoffen des Kotes abgespalten werden. Der reine Darmschleim gibt bis mehr als 40 % seines Eigengewichtes reduzierende Spaltstoffe. Doch können diese nicht zu den echten Kohlehydraten gerechnet werden. Am wichtigsten in der Kohlehydratgruppe sind die Befunde von mikroskopischen Stärkekörnern, die bei der Verdauung des gesunden Menschen stets fehlen. Ihre Anwesenheit deutet auf mangelhaftes Molarengebiß oder ungenügendes sonstiges Kauen. Aber selbst sehr massenhafte Stärkekörner im Kot würden bei genauer Mengenbestimmung kaum je $^1/_2$ % der Trockensubstanz übersteigen. Der Gehalt an Dextrinen und Zuckerarten kommt nur bei Kindern in Betracht. Daß große Mengen Kohlehydrate im Kot enthalten sein sollen und in Alkohol übergeführt werden können, war selbst schon in der Tagespresse erörtert worden, hat sich aber als falsch erwiesen. Auch echte Aldehyde und Alkohole sind im Kot nicht vorhanden. Die Anwesenheit von Glyzerin und Glyzerinverbindungen ist mehr als zweifelhaft. Alkoholgruppen sind in Koprosterin, das von den Darmpilzen aus Cholesterin gebildet wird und immer in einigen Prozenten vorhanden ist, und in ähnlichen Stoffen enthalten. Mikroskopische Ausscheidungen von Koprosterin sind nicht zu selten und Ausscheidungen von Cholesterin, die das unbewaffnete Auge sieht, sind Gallengries und Gallensteine. Cholesterin und Koprosterin sind nach allen Einblicken, die wir bis jetzt besitzen, im Sinne Liebreichs eine Art Schutzstoffe

der Darmschleimhaut gegen reizenden Darminhalt. Aromatische Kohlenstoffverbindungen ohne ausgedehnte große Seitenketten und Kohlenwasserstoffe außer Spuren von Methan sind im Kote nicht erwiesen.

Schwefel enthält der Kot stets in großer Menge und in verschiedenen Oxydationsstufen, so daß beim gesunden Menschen durchschnittlich 1,3 % Schwefelsäure (SO_3) aus der Kottrockensubstanz gewonnen werden können. Ein Teil ist schon als volloxydierte Schwefelsäure im Kote erweislich. In der Stufe der schwefligen Säure ist der Schwefel dem Taurin des Kotes eingebaut. Schwefelwasserstoff kommt aber entgegen früheren Ansichten nur in Spuren vor. Ein Teil des Schwefels ist in Eiweißkörpern eingebaut. Je weiter die Kotfäulnis fortschreitet, um so niedriger wird der Schwefelgehalt der Kotmasse; aber umgekehrt erhöht dann häufig wieder die Schleimbeimischung den Schwefelgehalt des Kotes.

Der Stickstoff ist einer der wichtigsten Kotbestandteile. Er beträgt auf Trockensubstanz berechnet im frischen Kot des gesunden Menschen bei schlackenfreier Nahrung 8,6 %. Ein Teil ist in Ammoniak, Indol und Skatol enthalten und verfliegt bei der Trocknung, so daß das Stickstoffergebnis aus getrocknetem Kote wesentlich geringer ist. Die Stickstoffangaben der Literatur sind bald in der einen, bald in der anderen Weise zu verstehen. Der fixe Stickstoff des Kotes ist teils sehr stickstoffreichen, teils sehr stickstoffarmen Stoffen eingebaut. Meist sind die stickstoffhaltigen Stoffe des Kotes Abbaustoffe. Sie werden in der Salzsäureauskochung erhalten, enthalten beim Gesunden ungefähr 90 % des Gesamtstickstoffs und beim Kranken mit ungenügender Ausnützung der Nahrung wesentlich weniger. In den Pilzleibern, die mehr oder weniger als ein Drittel der Kotmasse betragen, ist der Stickstoff natürlich meist als lebendes Eiweiß ent-

halten. An anderen Stickstoffverbindungen enthält der Kot Aminosäuren, z. B. Glykoll, dann Glykosamin mit Einschluß von Chondrosin. Außerdem sind Kotstoffe mit dem Pyridin-, Pyrrol-, Paraban- und Alloxankerne bekannt, deren Kombinationen als Purinstoffe zum Teil eingehender untersucht sind. Direkt oder indirekt stammen die Stickstoffverbindungen aus Eiweißabbauprodukten und enthalten je nach der Abkunft Schwefel, Phosphor, Eisen, Kalk und andere Stoffe gleichzeitig. Pepton und Albumosen sind im Kot nicht enthalten. Dagegen sind stets Indol und Sterkobilin vorhanden, die entsprechende Befunde vortäuschen können. Native Eiweiße können in einem Viertel der Fälle, wenn auch nur sehr schwach, eine Biuretreaktion ergeben. Sterkobilin und andere stickstoffarme Abkömmlinge der Gallenfarbstoffe sind immer reichlich im Kote vorhanden, sogar im sogenannten acholischen, und bilden die Grundlage des braunen Farbentones. Durch fein verteiltes Fett oder reichliche Kalksalze z. B. im Milchkote kann diese braune Farbe verdeckt und abgeschwächt werden. Durch Abkömmlinge der Eigenfarbe der Nahrungsmittel z. B. Chlorophyll kann sie verändert werden. Aufgenommene Metallsalze werden in ihre Oxydule reduziert und wirken entsprechend durch Farbenänderung. Stoffe der Albumingruppe sind 5,4 % im Kot enthalten. Es sind aber meist Stoffe von schleimartiger Beschaffenheit, die stets von den Darmwandungen geliefert werden. In mehr als $^1/_4$ aller untersuchten Kote ist schon oberflächlich im Kot mit bloßem Auge Schleim zu sehen. Und noch dazu in der Hälfte (also im ganzen $^3/_4$) der Fälle zeigt das Mikroskop Schleimfäden. Dieser Darmschleim erscheint manchmal in zusammenhängenden Massen, so daß er für sich chemisch analysiert werden kann. Stickstoffhaltige Körperabkömmlinge, die das Mikroskop zeigt, sind auch die Darmepithelien, die fast immer in einzelnen Exemplaren zu sehen sind, dann

seltener einzelne Eiterzellen oder Blutkörperchen. Von der Trockensubstanz befinden sich 1,4 % Stickstoff in Nukleinstoffen, die vor allem Pilzen, aber auch noch schwachveränderten Körperabkömmlingen und Nahrungsstoffen angehören können. Von Nahrungsstoffen können meist als stickstoffhaltige Reste einzelne Muskelfasern gesehen werden.

Für den abgebauten Phosphor ist der Kot der hauptsächlichste Ausscheidungsort, so daß sich auf Trockensubstanz 5,1 % Phosphorsäureanhydrit ergeben. Diese Phosphorsäure ist teils in Ausscheidungsstoffen, teils in unausgenützten Nahrungsresten enthalten. Die Ausscheidungsstoffe sind in Salzsäure, Essigsäure und Alkohol oder wenigstens in einem derselben löslich, während dies für die Nahrungsreste nicht der Fall ist. Für den gesunden Menschen bei leicht verdaulicher Nahrung sind bis mehr als 90 % des gesamten Kotphosphors im Salzsäureauszug als Ausscheidungsstoffe zu erweisen. Manchmal kann man im Kot Kristalle von phosphorsaurer Magnesia unter dem Mikroskope sehen. Häufiger ist phosphorsaure Ammoniakmagnesia in gut ausgebildeten Kristallen. Entsprechende Kristalltrümmer, die Schilling für diesen Stoff anspricht, sind fast immer zu finden. Doch ist es manchmal auch fraglich, ob sie nicht anderen anorganischen Verbindungen angehören. Lezithin, Nuklein und Pseudonuklein sind die organischen Stoffe des Kotes, welche Phosphorsäure enthalten und die selbst wieder vielfach zusammengesetzteren Eiweißverbindungen eingebaut sind. Als Kotbestandteile kommen davon in Betracht Lezithalbumine, Nukleoproteide, Nukleoglykoproteide und Nukleoalbumine.

Die abgebaute Kieselsäure des Körpers wird stets nach dem Darme ausgeschieden. Sie erscheint in Verbindungen, die an der Grenze von organischen und anorganischen Verbindungen stehen. Außerdem kann

durch Verunreinigungen der Nahrung der Kot einen weiteren Überschuß von unlöslicher Kieselsäure enthalten. In meinen Untersuchungen hat sich durchschnittlich 1,4 % gesamte Kieselsäure gefunden. Säuglinge setzen wesentlich mehr Kieselsäure um.

Ebenso steht es mit dem Kotgehalte an Chlor, das bei Erwachsenen 1,2 % beträgt. Es wird aber in der einfachen Asche kein entsprechender Gehalt gefunden, da es sich in der Glühhitze verflüchtigt.

Ziemlich hoch ist auch der Gehalt des Kotes an Eisen, das wegen des gleichzeitigen Aluminiumgehaltes schwer genau ermittelt werden kann. Dabei müssen die Ausscheidungsstoffe, deren Eisen in Alkohol löslich ist, von künstlich eingeführten anorganischen Eisensalzen, die ebenfalls in den Kot übergehen und von eisenhaltigen Blutbestandteilen, die sich dem Kote beimischen können, unterschieden werden.

Kalk und Magnesia werden zum großen Teil im Kote ausgeschieden. Sie machen daher beim gesunden Erwachsenen immer einen wesentlichen Teil der Kotasche aus. Bei Kindern wird der Kalk verhältnismäßig weitgehender zum Körperaufbau zurückgehalten, allerdings auch mehr in der Milch aufgenommen. An Kalkoxyd scheidet der gesunde Mensch 2,7 % der Trockensubstanz und an Magnesia 1,2 % aus. Unter dem Mikroskope werden manchmal zahlreiche Kristalle von kohlensaurem Kalke, in anderen Fällen von oxalsaurem Kalke oder auch von fettsaurem Kalke beobachtet. Magnesia wird unter dem Mikroskope hauptsächlich als Tripelphosphat beobachtet.

Natrium und Kalium sind im Kote stets nur in geringen Mengen enthalten, aber noch mehr bei Kranken als bei Gesunden.

Alphabetisches Register zur Technik.







